

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL
TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA
INFERIOR**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecatrónico

AUTOR:

Mario Sebastian Velasquez Elguera

ASESOR:

Mg. César Antonio Lengua Huertas

Lima, octubre del 2021

RESUMEN

El *Va'a* o canotaje polinésico es un deporte de aventura practicado en el mar y el *Para Va'a* es la práctica adaptada del *Va'a* por personas con discapacidad. En el Perú, solo el 2,5% de las personas con discapacidad realizan actividades deportivas. Pese a esto, existe una gran cantidad de inscritos en los procesos selectivos para competencias oficiales. La canoa del tipo V1 de *Va'a* se incluyó por primera vez en la agenda de los Juegos Paralímpicos de Tokio 2020, y ha confirmado también para París 2024. Esto ha generado que los atletas intensifiquen sus entrenamientos y que en paralelo se desarrollen tecnologías y estudios biomecánicos que permitan obtener una técnica de remado más eficiente en busca de mejores marcas. Según lo expuesto, se presenta la oportunidad de incentivar la práctica deportiva y brindar una mejor calidad de vida a las personas con discapacidad en el Perú.

En este contexto, el objetivo de la presente tesis es diseñar un simulador de canotaje polinésico en el tipo de canoa V1 dirigido a personas con discapacidad motora inferior. El documento, en primer lugar, inicia con la recopilación del estado del arte entorno a simuladores de canotaje en los deportes de *Va'a*, remo y kayak. En segundo lugar, a través de los principios básicos de ingeniería y el desarrollo de la metodología de diseño basada en la norma VDI 2221 se logra obtener el diseño conceptual. En tercer lugar, se desarrolla el diseño final del simulador de canotaje polinésico, el cual se ubica sobre una piscina estructural con agua en un jardín en un espacio abierto. El simulador incluye 2 consolas electrónicas que permiten obtener valores de fuerza, alcance de remado, velocidad, aceleración, entre otros y un sistema de cámaras que permite obtener los ángulos de ejecución de la técnica de remado. Asimismo, se desarrolla una aplicación de escritorio, la cual permite visualizar los datos de las consolas. Finalmente, se desarrolla una prueba en aguas abiertas para estudiar los ángulos de ejecución de la técnica de remado en 5 atletas convencionales y 2 atletas de *Para Va'a*.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	i
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABLAS	vi
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problemática	1
1.2 Objetivos	7
1.3 Alcances	8
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE.....	10
2.1 Tecnológico.....	10
2.2 Técnico.....	12
CAPÍTULO 3: DISEÑO CONCEPTUAL.....	23
3.1 Requerimientos del sistema	23
3.2 Estructura de funciones.....	25
3.1 Matriz morfológica, evaluación técnica-económica y diseño conceptual óptimo	28
CAPÍTULO 4: DISEÑO MECATRÓNICO.....	30
4.1 Sistema mecatrónico integrado	31
4.2 Diseño mecánico del simulador de <i>Va'a</i>	32
4.2.1 Piscina estructural	33
4.2.2 Sistema de entrada y salida.....	33
4.2.3 Sistema de flotación.....	37
4.2.4 Sistema de recirculación de flujo.....	42
4.2.5 Sistema vaivén	44
4.3 Accesorios del simulador de <i>Va'a</i>	46
4.3.1 Accesorio medidor de fuerza de remado	47
4.3.2 Accesorio medidor del alcance de remado	55
4.3.3 Sistema de cámaras	62
4.4 Diseño de software del simulador de <i>Va'a</i>	65
4.4.1 Arquitectura de software.....	65
4.4.2 Diagrama de flujo y pseudocódigo	66
4.4.3 Interfaz gráfica de usuario	73
4.5 Prueba en aguas abiertas	75
4.6 Planos.....	89

CAPÍTULO 5: COSTOS DEL SISTEMA	91
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS	



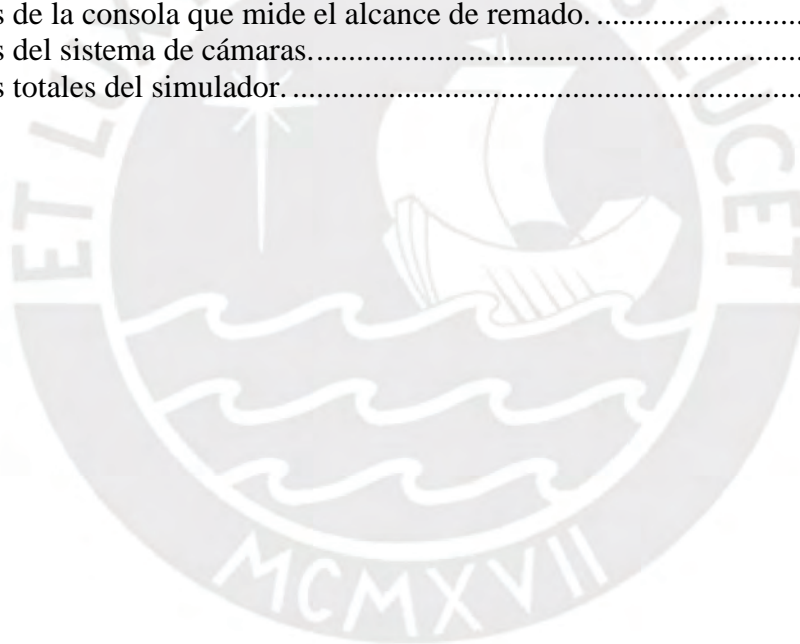
LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Atleta de Para Va'a en canoa del tipo V1. Fuente: ICF (2021).....	4
Figura 2.1. Simulador en piscina para remo. Fuente: Myrtha Pools (2019).....	11
Figura 2.2. Captura de video de un simulador de Va'a. Fuente: StandUpPaddleSurf.net (2018).11	
Figura 2.3. Captura de video de un simulador de canotaje en el tipo de canoa dragón. Fuente: Julchen0904 (2010).....	12
Figura 2.4. Modelo corporal de 14 segmentos y los marcadores. Fuente: Rosén et al. (2019). ...	17
Figura 2.5. Ángulos de flexión del tronco al inicio a) y al final b) de la etapa de potencia de remado. Fuente propia a partir de Sealey, Ness y Leicht (2011).....	19
Figura 2.6. a) Posición de los marcadores en el remador b) Fuerza de remado en atletas de élite y amateur. Fuente: Ho, Smith, y O'Meara (2009).	20
Figura 3.1. Caja negra del simulador de canotaje polinésico. Fuente: Elaboración propia.	26
Figura 3.2. Estructura de funciones del simulador de canotaje polinésico en el tipo de canoa V1 para personas con discapacidad motora inferior. Fuente: Elaboración propia.	29
Figura 4.1: Simulador de canotaje polinésico en el tipo de canoa V1 dirigido a atletas con discapacidad motora inferior. Fuente: Elaboración propia.	31
Figura 4.2: Escalera y sus componentes del sistema de entrada y salida. Fuente: Elaboración propia.	34
Figura 4.3 Puente y sus principales piezas. Fuente: Elaboración propia.	36
Figura 4.4: Diseño en Autodesk Inventor del sistema de flotación del simulador. Fuente: Elaboración propia.	37
Figura 4.5: Diseño en Autodesk Inventor de la cabina de la canoa V1. Fuente: Elaboración propia.	38
Figura 4.6: Diseño en Autodesk Inventor del ama de la canoa V1. Fuente: Elaboración propia.	38
Figura 4.7: Diseño en Autodesk Inventor de los flotadores de la proa y popa. Fuente: Elaboración propia.	40
Figura 4.8: Diseño de las empaquetaduras de la proa (a) y popa (b). Fuente: Elaboración propia.	40
Figura 4.9: Detalle del ensamble de los flotadores con la cabina del simulador. Fuente: Elaboración propia.	41
Figura 4.10: Comparación de la curva de flotación de la canoa V1 convencional, de la cabina con los flotadores y de la cabina. Fuente: Elaboración propia.	42
Figura 4.11: Sistema de recirculación de flujo del simulador. Fuente: Elaboración propia.	43
Figura 4.12: Detalle de las zonas de remado y de retorno de flujo del simulador. Fuente: Elaboración propia.	44
Figura 4.13: Sistema vaivén del simulador. Fuente: Elaboración propia.	45
Figura 4.14: El accesorio medidor de fuerza ensamblado en el caballete. Fuente: Elaboración propia.	47
Figura 4.15: Diagrama de flujo del accesorio de medición de fuerza. Fuente: Elaboración propia.	50
Figura 4.16: Requerimientos electrónicos del accesorio medidor de fuerza. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 4.17: Diagrama de bloques y los componentes electrónicos seleccionados del accesorio medidor de fuerza. Fuente: Elaboración propia.	53

Figura 4.18: Tarjeta PCB del accesorio medidor de fuerza. Fuente: Elaboración propia.	54
Figura 4.19: Consola de medición de fuerza de remado. Fuente: Elaboración propia.	55
Figura 4.20: Diseño y ensamble del accesorio que mide el alcance de remado. Fuente: Elaboración propia.	56
Figura 4.21: Diagrama de flujo del accesorio medidor del alcance de remado. Fuente: Elaboración propia.	57
Figura 4.22: Requerimientos electrónicos del accesorio de medición del alcance de palada. Fuente: Elaboración propia.	58
Figura 4.23: Diagrama de bloques con los dispositivos electrónicos finales. Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 4.24: Tarjeta PCB del accesorio medidor del alcance de remado. Fuente: Elaboración propia.	60
Figura 4.25: Consola del accesorio medidor del alcance de remado. Fuente: Elaboración propia.	61
Figura 4.26: Carcasa y sensores de proximidad. Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 4.27: Diseño en Autodesk Inventor del ensamble del sistema de cámaras en el simulador. Fuente: Elaboración propia.	63
Figura 4.28: (a) Soporte cámara frontal y (b) Soporte cámaras laterales. Fuente: Elaboración propia.	64
Figura 4.29: Interfaz de inicio del sistema. Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 4.30: Diagrama de flujo simplificado del software del aplicativo. Fuente: Elaboración propia.	67
Figura 4.31: Diagrama de flujo del procesamiento del caso 1 (consola de fuerza). Fuente: Elaboración propia.	68
Figura 4.32: Diagrama de flujo del procesamiento del caso 2 (consola de proximidad). Fuente: Elaboración propia.	70
Figura 4.33: Diagrama de flujo del procesamiento del caso 3 (consola de fuerza y proximidad). Fuente: Elaboración propia.	72
Figura 4.34: Ventana de entrenamiento del tipo “libre”. Fuente: Elaboración propia.	74
Figura 4.35: Ventana de entrenamiento del tipo “asistido”. Fuente: Elaboración propia.	75
Figura 4.36: Centros articulares y ángulos del estudio. Elaboración: Fuente propia.	76
Figura 4.37: Atleta en el punto de partida del experimento. Elaboración: Fuente propia.	78
Figura 4.38: Velocidad vs distancia en la prueba de velocidad. Fuente: Elaboración propia.	79
Figura 4.39: Caracterización de las paladas de los atletas en la prueba de velocidad. Fuente: Elaboración propia.	80
Figura 4.40: Ángulos a), b) y c) registrados en el experimento. Elaboración: Fuente propia.	82
Figura 4.41: Análisis porcentual del ciclo de palada en los atletas. Fuente: Elaboración propia.	87
Figura 4.42: Organigrama de los planos de ensamble y despiece del simulador de canotaje polinésico. Fuente: Elaboración propia.	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Trainingsvorrichtung für Ruder-, Kajak- und Drachenboot-Sportler.....	13
Tabla 2.2. Training machine for rowers.....	14
Tabla 2.3: Resumen de los sistemas presentes en el estado del arte en simuladores de canotaje.	15
Tabla 2.4: Resultados de los ángulos de ejecución.....	17
Tabla 2.5: Resultados promedios de la prueba de velocidad en el ergómetro.....	18
Tabla 4.1: Centros articulares del estudio.....	76
Tabla 4.2: Descripción de los ángulos de estudio.....	76
Tabla 4.3: Comparación de las pruebas entre los atletas.....	79
Tabla 4.4: Caracterización de las paladas de los atletas en la prueba de velocidad.....	80
Tabla 4.5: Resultados del campeonato mundial de paracanotaje en Hungría VL3 hombres.....	83
Tabla 4.6: Ángulos de ejecución a°, b° y c° de los atletas peruanos.....	84
Tabla 4.7: Nomenclatura utilizada en los planos de ensamble y despiece.....	89
Tabla 5.1: Costos del sistema mecánico del simulador.....	92
Tabla 5.2: Costos de la consola que mide la fuerza de remado.....	92
Tabla 5.3: Costos de la consola que mide el alcance de remado.....	93
Tabla 5.4: Costos del sistema de cámaras.....	93
Tabla 5.5: Costos totales del simulador.....	94





CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo, en primer lugar, se describe la problemática que permite comprender la justificación del diseño del simulador de canotaje. En segundo lugar, se indican el objetivo principal y los objetivos específicos. En tercer lugar, se redactan los alcances y, finalmente, se describe la metodología de diseño.

1.1 Problemática

La práctica deportiva en personas con discapacidad en el Perú

La estadística de la población con discapacidad en el Perú no es insignificante. Según la encuesta nacional sobre discapacidad realizada el 2012 por el INEI (2014), el 5,2% de la población peruana padece de algún tipo de discapacidad o limitación física y/o mental. El tipo de limitación más frecuente es “para usar brazos y manos/ piernas y pies con un 59.2%”. Además, en el informe

del INEI en el capítulo “Integración Social y Bienestar” se describen las principales actividades que las personas con discapacidad dedican en su tiempo libre. Dentro de las actividades que usualmente realizan, solo el 2,5% practica algún deporte, el 34.6% descansa sin hacer nada, el 39.1% ve televisión, el 14.2% no realiza ninguna actividad, entre otros. Los atletas peruanos con amputaciones de miembros inferiores o discapacidad motora inferior practican, en su mayoría, deportes populares como el básquet en silla de ruedas o atletismo. Sin embargo, como indica Miguel Calmet (2019), preparador físico en el gimnasio de la Escuela Militar en Chorrillos, debido a la cantidad de inscritos en estas disciplinas no todos son seleccionados y varios deportistas quedan fuera de las competencias oficiales.

La práctica deportiva es vital, necesaria e indispensable. La Organización Mundial de la Salud, OMS (2010), señala que la inactividad física es el cuarto factor de riesgo más importante de mortalidad. Además, recomienda realizar actividad física para “mejorar las funciones cardiorrespiratorias y musculares, la salud ósea y de reducir el riesgo de enfermedades no transmisibles y depresión”. En el Perú, existe la ley general N° 29973 de la persona con discapacidad, la cual protege sus derechos (2012). En el capítulo V “Educación y deporte” se mencionan los derechos respecto a la práctica deportiva, en el cual se determina que el Instituto Peruano del Deporte (IPD) es el encargado de promover, coordinar y fomentar la participación de estas actividades, así como también el reconocimiento y logro de los deportistas que obtengan triunfos olímpicos y/o mundiales. Sin embargo, frente a la estadística expuesta y una evaluación del contexto actual es posible identificar que la promoción de la práctica deportiva, a pesar de las leyes promulgadas en el Perú y su importancia en la salud, es insuficiente o no es accesible para la mayoría de las personas con discapacidad. Por lo tanto, el incentivo o brindar facilidades para

realizar actividades deportivas en personas con discapacidad es una necesidad actual en el Perú. No obstante, es importante reconocer que el Plan Estratégico Institucional del IPD del 2016-2021 tiene como objetivo principal incrementar el desempeño del deporte peruano en eventos competitivos y promover la sostenibilidad de las actividades físicas, deportivas y recreativas en la sociedad peruana (IPD, 2018).

El *Va'a* y el *Para Va'a*

El canotaje polinésico o *Va'a* es un deporte de aventura que se practica en el mar. Este tipo de embarcación fue empleada por culturas de Oceanía para la pesca o como medio de transporte entre las islas. En la actualidad, el deporte del *Va'a* presenta distintos formatos de competición y categorías determinados según el tipo de canoa, la distancia de remado, edad, entre otros (IVF, 2019). Por su parte, el *Para Va'a* es la práctica adaptada del *Va'a* en personas con discapacidad. En la figura 1.1, se observa un atleta de *Para Va'a* en una canoa V1¹. El tipo de canoa V1 se propuso, por primera vez, para participar en los Juegos Paralímpicos de Tokio 2020 dentro de la modalidad de paracanotaje en el formato de carreras de velocidad de 200 m en línea recta (IPC, 2019). Esto como resultado de un trabajo conjunto de la Federación Internacional de *Va'a* (IVF) y la Federación Internacional de Canoas (ICF), el crecimiento del deporte y las investigaciones científicas en el desarrollo de un sistema de clasificación deportiva. El paracanotaje, en el ámbito paralímpico, es un deporte que empieza a adquirir popularidad. Esto debido a que presenta dos modalidades (canoa de kayak o de *Va'a* en sus respectivas categorías de clasificación), lo cual permite una mayor participación de atletas y también incrementa la posibilidad de conseguir una medalla.

¹ Se denomina canoa V1 debido a que tiene un solo asiento para un remador.



Figura 1.1. Atleta de Para Va'a en canoa del tipo V1. Fuente: ICF (2021).

Categorías de competición en el *Para Va'a*

En el 2015, se inició un sistema de clasificación deportiva que permite que los atletas compitan en diferentes categorías determinadas de acuerdo a las características de su discapacidad (Tarassova et al., 2018). La clasificación consiste en realizar una lista de pruebas físicas de tronco y piernas, y una evaluación en aguas abiertas (cada prueba tiene un puntaje máximo de 18 puntos). Además, se tiene que superar el criterio mínimo de elegibilidad (origen de la discapacidad y que el puntaje de las pruebas este dentro de alguna clasificación elegible). Las tres clasificaciones elegibles para la competencia paralímpica son VL1, VL2 y VL3, como se mencionó anteriormente en el formato de carreras de velocidad. El desarrollo de la presente tesis se enfoca en atletas clasificados en la categoría VL3 en el tipo de canoa V1 (esto se explica con mayor detalle en la sección 1.3 Alcances del presente capítulo). Un atleta en la categoría VL3, en resumen, obtiene de 15 a 18 puntos en la prueba de tronco y puede obtener de 0 a 18 puntos en las pruebas de piernas y la prueba de velocidad (ICF, 2021). En otras palabras, un atleta VL3 posee un control adecuado del tronco; sin embargo, podría no tener movilidad o incluso amputación en uno o ambos miembros inferiores. A parte de los juegos paralímpicos y de las carreras internacionales para su clasificación, existen competencias en las cuales se practica el *Para Va'a* en otros formatos, como carreras de

larga distancia, canoas grupales (V6²) incluso con la participación de atletas con características de discapacidad no elegibles para las competencias paralímpicas (IVF, 2019).

El sistema de clasificación deportiva es un desarrollo continuo de evidencia científica que permite demostrar la relación entre las características de la discapacidad del atleta y de qué forma afecta su rendimiento deportivo (Rosén et al., 2019). En el estudio de Rosén et al., se cuantificaron los ángulos de ejecución en la técnica y la fuerza de remado en atletas convencionales y atletas con discapacidad. Se demostró la relación entre los ángulos de ejecución, afectados según el tipo de discapacidad, y la fuerza de remado aplicada. Una de las limitaciones que se menciona en el artículo fue que las pruebas se realizaron en ergómetros. Se menciona que solo se podría especular que en un entorno de competición real (aguas abiertas) los valores de los ángulos de ejecución y la fuerza de remado podrían variar.

El *Para Va'a* en el Perú

El *Va'a* llegó al Perú en noviembre del 2010 siendo sus promotores Rafael Belmont y Flavia Chávez Tafur. La primera canoa "*Moana Nui*", fabricada en Perú, navegó por primera vez en la playa Los Yuyos en Barranco (Inkanoa *Va'a* Perú, 2020). Sin embargo, en el 2021, el *Va'a* es aún un deporte incipiente y de poca popularidad. Actualmente, no existe ningún atleta de *Para Va'a* inscrito en la lista oficial de remadores del ICF. La práctica recreativa o deportiva del *Va'a* en el Perú implica trasladar y ensamblar las canoas V1 (longitud de 7.5 m y masa de 15 kg) desde el almacén hasta la orilla de playa. Los atletas de *Para Va'a*, debido a las características de su discapacidad, necesitan de asistencia para ingresar al mar y a su retorno. Esto condiciona su

² Canoa de 6 asientos para 6 remadores.

entrenamiento al acompañamiento de al menos un atleta convencional voluntario o personal de apoyo.

Por otra parte, en el 2019, se inicia el proyecto de investigación “Rememos Todos” en la Pontificia Universidad Católica del Perú (2021). Uno de sus objetivos es desarrollar un programa deportivo para la práctica inclusiva del *Para Va'a* mediante el diseño, desarrollo e implementación de equipamientos y las tecnologías necesarias. Así, nace la motivación para el desarrollo de la presente tesis, la cual diseña un entorno de entrenamiento para la práctica del *Para Va'a* dirigido a personas con discapacidad motora inferior.

Definición de la propuesta de solución

El *Para Va'a* se presenta como una alternativa deportiva para que los atletas peruanos puedan practicar canotaje polinésico de forma recreativa o competitiva. En este contexto, la presente tesis desarrolla un simulador de canotaje polinésico en el tipo de canoa V1 para personas con discapacidad motora inferior.

En primer lugar, el simulador brinda una alternativa de entrenamiento en un lugar más accesible debido a que podría ser implementado en cualquier espacio abierto y no sería necesario trasladarse hasta la playa para practicar el deporte. En segundo lugar, se reduce la asistencia de personal externo. El atleta no necesita retirar, ensamblar ni trasladar la canoa. En tercer lugar, proporciona un entorno seguro y controlado. Esto permite enseñar la técnica correcta de remado, a los atletas novatos, con la finalidad de evitar lesiones y remar de forma más eficiente. Asimismo, el entorno facilita el registro de parámetros como ángulos de ejecución de la técnica, fuerza, velocidad, aceleración, entre otros. La retroalimentación con evidencia científica, gracias al registro y análisis de estos datos, permitiría aventajar a los atletas peruanos en las competencias.

Finalmente, el simulador posee la ventaja de imitar un entorno real. Por ello, los datos que se registren podrían ser más parecidos al de aguas abiertas respecto de los estudios en ergómetros, sin perder la ventaja de estar en un entorno controlado.

1.2 Objetivos

Objetivo principal

El objetivo principal de la presente tesis es diseñar un simulador de canotaje polinésico en el tipo de canoa V1 para personas con discapacidad motora inferior. Se espera que el simulador sirva de un entorno adaptable y controlado para que atletas convencionales o con discapacidad puedan practicar el deporte náutico del *Va'a*. Además, que su diseño permita incorporar accesorios que registren datos de la técnica de remado en los atletas.

Objetivos específicos

- Realizar una revisión del estado del arte en simuladores de canotaje, y definir los requerimientos del sistema.
- Determinar la estructura de funciones en los dominios mecánico, electrónico y de procesamiento, y desarrollar el concepto de solución óptimo.
- Desarrollar el diseño mecánico del simulador asegurando que cumpla con los requerimientos como seguridad, ergonomía, ensamble, entre otros. Además de seguir las normas de diseño accesible ADA que sean pertinentes.
- Desarrollar el diseño de los accesorios del simulador y una interfaz de usuario que permita registrar y observar los valores sensados durante el entrenamiento. Los accesorios y la interfaz deberán cumplir los requerimientos como seguridad, energía, visualización de la información, entre otros.

- Estudiar la técnica de remado del canotaje polinésico, realizar un estudio preliminar a atletas de *Va'a* y *Para Va'a* en aguas abiertas, y evaluar los resultados.

1.3 Alcances

- La presente tesis desarrolla el diseño de un simulador de canotaje polinésico en el tipo de canoa V1, el cual cuenta con 4 sistemas principales (sistema de entrada y salida, sistema de flotación, sistema de recirculación y sistema vaivén), 2 consolas electrónicas (una consola de medición de fuerza de remado y una consola de medición del alcance de remado), una interfaz de usuario (aplicativo de escritorio) y un sistema de cámaras (1 cámara en el plano frontal y otra en el sagital). Asimismo, se realiza una prueba de velocidad de 200 m en aguas abiertas (formato de competición paralímpica) a atletas peruanos convencionales y con discapacidad motora inferior. Esto con el objetivo de conocer cualitativamente y cuantitativamente la técnica que realizan y, además, experimentar las ventajas y desventajas de realizar un estudio en un entorno real.
- El estudio preliminar de identificación de parámetros biomecánicos, que brindan información sobre fuerzas, torques o velocidades que el atleta debería experimentar en un entorno real y deben ser replicados en el simulador, no forman parte del alcance de esta tesis.
- El sistema de recirculación se desarrolló a partir de la búsqueda de tecnologías y patentes en el estado del arte. La propuesta de diseño de esta tesis no pretende imitar el flujo del agua en un entorno real sino solo facilitar la recirculación del flujo de agua en la piscina.
- En las competencias oficiales está permitido el uso de adaptaciones, las cuales permiten sujetar al atleta en el asiento si es que lo necesitara. Por ejemplo, el uso de arneses y correas

es frecuente en las categorías VL1 y VL2, debido al poco control del tronco. Por otra parte, los atletas VL3, que presentan en su mayoría una amputación unilateral en las extremidades inferiores, usualmente no necesitan sujetarse al asiento porque son capaces de mantener un control adecuado del tronco y de la pierna no afectada. Debido a que el diseño de estas adaptaciones no forma parte del alcance de la tesis, el documento se enfoca en la categoría VL3. Sin embargo, se reconoce que el simulador podría ser utilizado por atletas convencionales o atletas clasificados en cualquiera de las categorías oficiales del *Para Va'a* con una mayor asistencia y con el diseño de las adaptaciones que sean pertinentes.

- El diseño del simulador propone la adquisición de los ángulos de ejecución de la técnica de remado por medio de un sistema de cámaras en los planos sagital y frontal. La adquisición de los ángulos por medio de un algoritmo automatizado a partir de vectores formados con los centros articulares en el plano tridimensional no forma parte del alcance de la tesis. Asimismo, no se desarrolla un algoritmo que permita visualizar estos ángulos en tiempo real. Sin embargo, en el estudio experimental en aguas abiertas, se propone un método preliminar que permite obtener los ángulos de ejecución mediante las 2 cámaras, a partir de un modelo simplificado.

CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

En el presente capítulo, se redacta la recopilación del estado del arte con el objetivo de obtener la información suficiente para el desarrollo de la tesis. En primer lugar, se redactan las características más relevantes de los antecedentes tecnológicos en centros de entrenamiento. En segundo lugar, se revisan los antecedentes técnicos que permiten determinar los sistemas mecánicos y accesorios a incluir en el simulador. En el idioma inglés, se utiliza el verbo *rowing* para referirse a la práctica del remo y *paddling* para la práctica de kayak, canoa dragón o *Va'a*. Sin embargo, en el lenguaje cotidiano del español, se utiliza el verbo remar para referirse indistintamente a los deportes mencionados y no se emplea la traducción literal del inglés “palear”. Por ello, en esta tesis, también se utiliza el verbo remar para referirse a la práctica del deporte del *Va'a* u otros.

2.1 Tecnológico

El desarrollo tecnológico en otros deportes náuticos como el remo, canotaje en canoa dragón y kayak es más avanzado respecto del *Va'a*. Si bien los deportes son diferentes, en términos de técnica de remado y tipo de canoa, en estos deportes ya se han desarrollado simuladores que permiten reconocer ciertos componentes que podrían adaptarse al *Va'a*, por lo cual también se consideran en esta sección.

a) Simulador para remo por *Myrtha Pools*

Myrtha Pools es una empresa especializada en la construcción de parques acuáticos, piscinas recreativas, piscinas olímpicas oficiales, entre otros. En la figura 2.1 se muestra el simulador para remo que realizó la empresa para la Universidad Trent en Canadá. Este es un simulador en piscina que cuenta con sistemas de recirculación de flujo del agua, y el entorno apropiado para la práctica y estudio de la técnica de remado en el deporte de remo.



Figura 2.1. Simulador en piscina para remo. Fuente: *Myrtha Pools* (2019).

b) Simulador para canotaje polinésico en video realizado al entrenador John Puakea (2018)

El video es una entrevista al entrenador John Puakea sobre la ejecución de la técnica de remado en su primera instancia: *The Catch* (el ataque), en el cual se muestra un simulador de canoas polinesias estático (ver figura 2.2). Se observa que la canoa se encuentra empotrada en la pared posterior de la piscina. Asimismo, en el video no se aprecia que se genere algún movimiento de vaivén. A parte de la explicación de la técnica, es rescatable el sistema de recirculación el cual divide en dos secciones la piscina. Esta forma constructiva cumple con dividir y guiar el flujo de agua.



Figura 2.2. Captura de video de un simulador de Va'a. Fuente: *StandUpPaddleSurf.net* (2018).

c) Simulador para canotaje en canoa dragón en el video “*Paddeltechnik Drachenboot*” (2010)

En el video se explica la técnica de remado en el deporte de canotaje en canoa dragón y se realiza un análisis geométrico de la posición corporal en los diferentes momentos de ejecución de la técnica. En el video se muestra un simulador estático, la cabina no se mueve. Es importante observar que existe, aunque no mostrado explícitamente en el video, un sistema de recirculación pues se observa que el agua ingresa siempre a la zona de remado.



Figura 2.3. Captura de video de un simulador de canotaje en el tipo de canoa dragón. Fuente: Julchen0904 (2010).

2.2 Técnico

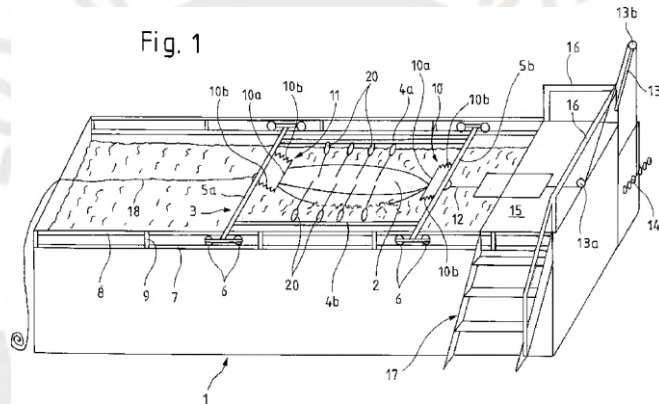
En esta sección, se presentarán las patentes más relevantes que se recopilieron y se redactarán las ideas que se pueden extraer para el diseño de la presente tesis. Se reconoce que algunas patentes no forman parte del contexto actual. Sin embargo, debido a su importante aporte en el diseño son consideradas. En segundo lugar, se presentan los artículos de investigación referentes a la obtención de datos biomecánicos en el deporte de *Va'a*. En la sección B.1 de los anexos se recopila la tecnología actual entorno a canoas polinesias. En el estudio, se genera la idea de que se puede utilizar únicamente la cabina de una canoa del tipo V1, en caso fuera necesario por motivos de espacio. Esto debido a que la longitud de una canoa comercial es de aproximadamente 7 m.

a) *Trainingsvorrichtung für Ruder-, Kajak- und Drachenboot-Sportler*

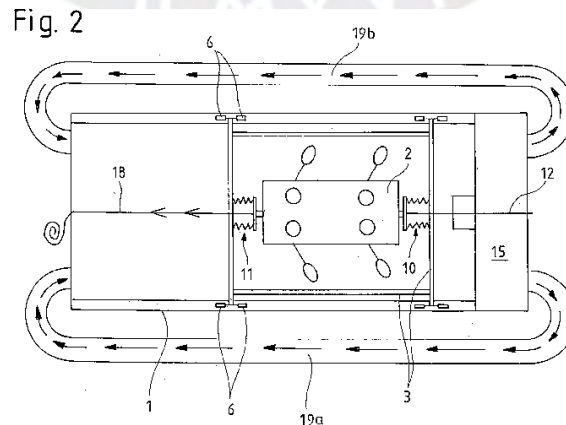
Tabla 2.1. Trainingsvorrichtung für Ruder-, Kajak- und Drachenboot-Sportler.

Número de publicación: DE102011121539B4	Inventor: Arno Hamel, Dirk Büscher	Fecha de publicación: 08/05/2014
--	---------------------------------------	-------------------------------------

La invención es un simulador de canotaje para los deportes de remo, kayak y canoa dragón que pretende proporcionar un entorno de entrenamiento similar al de aguas abiertas. En primer lugar, el diseño utiliza la cabina de un bote, el cual flota en una piscina o contenedor con agua. En segundo lugar, presenta un sistema de traslación, el cual permite que la cabina se mueva en la dirección longitudinal mediante los rodillos y guías en los extremos laterales de la piscina. En tercer lugar, la traslación se encuentra parcialmente restringida por un sistema de contrapeso mediante cuerdas, poleas y pesas. Las cuerdas sujetan a la canoa en un extremo y el contrapeso aplicado varía de acuerdo al equilibrio de fuerzas de los atletas y al plan de entrenamiento. En cuarto lugar, se observa un sistema de ingreso y salida del simulador mediante una escalera.



En quinto lugar, se incluyen canales de recirculación externos al contenedor. Esto es importante para que el impacto del agua sobre la pared posterior de la piscina no influya en la siguiente palada. Se menciona que es posible regular el flujo de salida variando la sección de los canales.



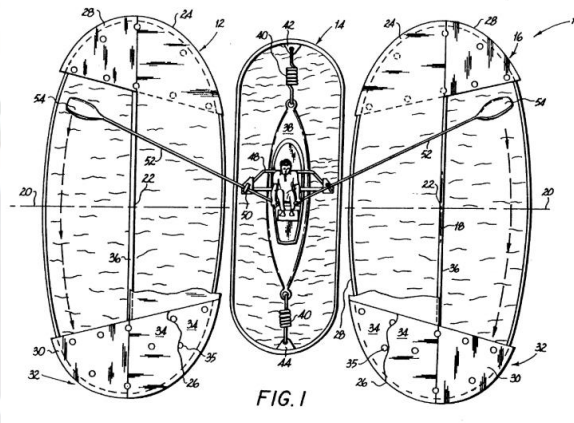
Fuente: Elaboración propia a partir de Hamel y Büscher (2014).

b) *Training machine for rowers*

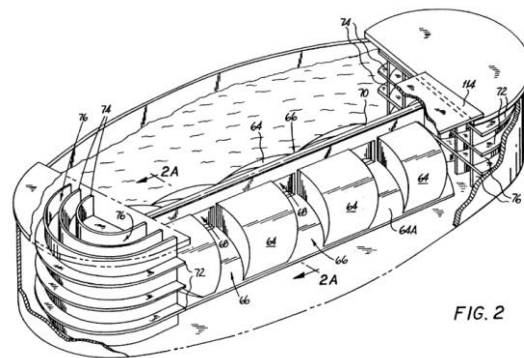
Tabla 2.2. *Training machine for rowers.*

Número de publicación: US5306219A	Inventor: Frank Solymosi	Fecha de publicación: 26/04/1994
--------------------------------------	-----------------------------	-------------------------------------

El invento es una máquina de entrenamiento para remo que simula la recirculación natural del flujo de agua de un entrono real. En primer lugar, se observa que la cabina está sujeta mediante 2 resortes en sus dos extremos. Esto permite un movimiento vaivén, pues la canoa avanza ligeramente en cada palada y retorna al punto de inicio en el tiempo que las palas no están en contacto con el agua. En segundo lugar, la máquina presenta 3 tanques. En el tanque central se ubica la canoa y en los 2 tanques exteriores se rema. Los tanques exteriores, por un lado, están divididos por una pared central, la cual permite que exista una sección de remado y otra en la cual retorna el agua.



Por otro lado, el diseño considera 2 tipos de guidores de flujo que facilitan la dirección del agua hacia la sección de retorno. Los guidores ubicados al inicio y al final son conductos curvos separados por niveles. Por otro lado, los bloques centrales con forma curva cortocircuitan el flujo de agua incluso antes de llegar a la pared final, lo cual produce una mejor recirculación.



Fuente: *Elaboración propia a partir de Solymosi (1994).*

La tabla 2.3 muestra el resumen de los sistemas observados en los 3 simuladores de centros de entrenamiento y en las 2 patentes presentadas. Se puede concluir que los simuladores presentan en su mayoría 4 sistemas principales: sistema de acceso o entrada y salida, sistema de flotación, sistema de recirculación y sistema vaivén. Estos sistemas deberán estar presentes en el simulador. Asimismo, se reconoce que es posible diseñar un sistema de recirculación de flujo de bajo costo, dividiendo la piscina con tablonces o lonas plastificadas. Por otra parte, se pueden utilizar sogas, cuerdas elásticas o resortes para sujetar la canoa a la piscina y producir el efecto vaivén.

Tabla 2.3: Resumen de los sistemas presentes en el estado del arte en simuladores de canotaje.

Sistema	Simulador para remo de Myrtha Pools	Video John Puakea	Video de canoa dragón	Patente de Arno Hamel y Dirk Büscher	Patente de Frank Solymosi
Sistema de acceso	Ingreso por el corredor principal	No se muestra	No se muestra	Escalera	No presenta
Sistema de flotación	Estructura fija	Canoa empotrada en la piscina	Estructura fija	Cabina de canoa	Cabina de canoa
Sistema de recirculación	Sí. Se observa que el flujo de agua siempre ingresa.	Separadores de flujo	Sí. Se observa que el flujo de agua siempre ingresa.	Canales externos	Tablas divisoras y bloques guidores de flujo
Sistema vaivén	Estructura fija	Estructura fija	Estructura fija	Cuerdas y pesas	Resortes

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se redactan artículos referentes a la obtención de parámetros geométricos y cinemáticos de la técnica de remado. En los anexos E, se realiza un estudio de la técnica de remado de *Va'a*, en el cual se explican los tipos de estilos que existen y las etapas de remado en un análisis cualitativo y cuantitativo.

Estudios sobre ergómetros

Debido a que el *Va'a* se practica en aguas abiertas, no resulta sencillo de estudiar la técnica de remado en un entorno real. Por ello, se suelen hacer investigaciones sobre ergómetros en ambientes controlados como en un laboratorio o gimnasio.

- a) *The impact of impairment on kinematic and kinetic variables in Va'a paddling: Towards a sport-specific evidence-based classification system for Para Va'a* (Rosén et al., 2019)

El estudio presentado realiza la comparación entre los ángulos de ejecución de las técnicas de atletas de *Va'a* y *Para Va'a*. En el estudio participaron 10 atletas de *Va'a* (5 mujeres y 5 hombres) y 44 atletas de *Para Va'a* (31 hombres y 13 mujeres). Todos los atletas eran remadores experimentados a un nivel competitivo en sus respectivos países e incluso internacional. Los atletas de *Va'a* se clasificaron en 3 subgrupos según las características de su discapacidad: 17 atletas con discapacidad en tronco y piernas (TL), 10 atletas con discapacidad en ambas piernas (BL) y 17 atletas con discapacidad en una sola pierna (UL). Los atletas se clasificaron según los criterios mínimos de elegibilidad y el sistema de clasificación deportiva que estaba vigente. Las pruebas se realizaron sobre un ergómetro en la configuración de resistencia deseada del atleta. Asimismo, se permitió que los atletas de *Para Va'a* utilizaran las adaptaciones que emplean en las competiciones. Los atletas con discapacidad más severa en el tronco requieren de adaptaciones como cinturones que les permiten fijarse en el asiento.

La obtención de los datos se obtuvo mediante un sistema de 12 cámaras optoelectrónicas con una frecuencia de muestreo de 150 Hz. Se colocaron entre 39 a 68 marcadores reflectantes de 12 mm de diámetro sobre el cuerpo del atleta para construir un modelo corporal de 14 segmentos (ver figura 2.4). Asimismo, se registró la fuerza de remado mediante un transductor de fuerza

piezoeléctrico conectado entre la cuerda y el extremo del eje de la pala a una frecuencia de muestreo de 1500Hz.

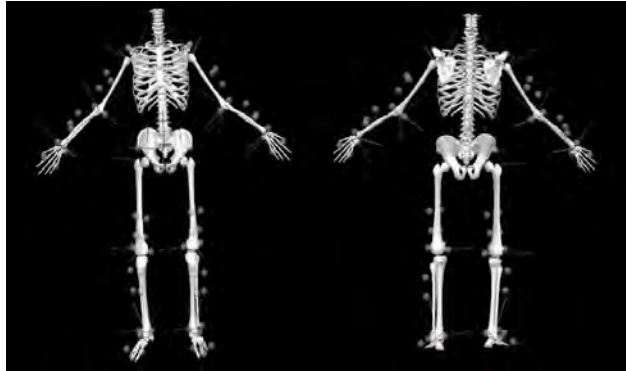


Figura 2.4. Modelo corporal de 14 segmentos y los marcadores. Fuente: Rosén et al. (2019).

El desarrollo de la presente tesis se enfoca en atletas que pertenecen a la clasificación VL3; es decir con discapacidad especialmente en las piernas. Por ello, la tabla 2.4, resume solo la comparación de algunos datos que se obtuvieron en la investigación entre los atletas de *Va'a* y los *Para Va'a* en la clasificación BL y UL. Los valores promedios que se indican pertenecen a los ángulos de las extremidades correspondientes al lado de remado.

Tabla 2.4: Resultados de los ángulos de ejecución.

Descripción (°) (media ± SD)		Atleta convencional	BL	UL
Flexión de codo	Máximo	87 ± 12	80 ± 17	78 ± 26
	Mínimo	29 ± 14	33 ± 6	36 ± 9
Flexión de hombro	Máximo	88 ± 18	79 ± 14	70 ± 18
	Mínimo	-12 ± 20	-32 ± 12	-27 ± 14
Flexión de tronco	Máximo	31 ± 14	16 ± 10	19 ± 13
	Mínimo	15 ± 10	2 ± 8	5 ± 6

Fuente: Elaboración propia a partir de Rosén et al. (2019).

b) *Effect of self-selected and induced slow and fast paddling on stroke kinematics during 1000m outrigger canoeing ergometry* (Sealey et al., 2011)

En el estudio, se obtienen resultados cinemáticos y geométricos de la técnica de remado de *Va'a* de 16 atletas mujeres experimentadas en un ergómetro. Los datos se registraron mediante 7 cámaras ópticas con una frecuencia de muestreo de 50 Hz, las cuales cubrían un volumen de 3.5x3x1.5 m. Se colocaron marcadores esféricos de 1 cm de diámetro en los acromiones izquierdo y derecho, y en las crestas ilíacas de las participantes. Asimismo, se colocó un marcador en la parte frontal de la parte inferior del eje de la pala del ergómetro. La prueba consiste en un entrenamiento de velocidad de 1000 m en un ergómetro utilizando 3 tipos de técnicas (técnica propia, técnica del estilo hawaiano y técnica del estilo tahitiano). La técnica hawaiana se caracteriza por dar paladas de mayor alcance, lo cual produce que la frecuencia de palada sea menor ($\leq 55 \text{ paladas} \times \text{mín}^{-1}$). Por otra parte, en la técnica tahitiana las paladas son de menor alcance y por consiguiente la frecuencia aumenta ($\geq 65 \text{ paladas} \times \text{mín}^{-1}$). En la tabla 2.5, se muestran los resultados promedio obtenidos del estudio. Las atletas obtuvieron una frecuencia y alcance de palada que no está dentro de los estilos mencionados, la técnica que utilizan se considera intermedia.

Tabla 2.5: Resultados promedios de la prueba de velocidad en el ergómetro.

Variable	Técnica propia	Técnica hawaiana	Técnica Tahitiana
Frecuencia de palada (<i>palada.min</i> ⁻¹)	61 ± 6(9.8)	54 ± 1(1.9)	70 ± 4(5.7)
Tiempo de duración (s)	371 ± 38(10.2)	358 ± 30(8.4)	357 ± 28(7.8)
Alcance de palada (m)	1.27 ± 0.15(11.8)	1.43 ± 0.12(8.4)	1.12 ± 0.13(11.6)
Fase de potencia (% de palada)	56.5 ± 2.3(4.1)	55.8 ± 2.3(4.1)	56.2 ± 2.3(4.1)
Fase de recuperación (% de palada)	43.5 ± 2.3(5.3)	44.2 ± 2.3(5.2)	43.8 ± 2.3(5.3)

Fuente: Elaboración propia a partir de Sealey, Ness y Leicht (2011).

La fase de propulsión o de potencia de remado se consideró desde que en el video la pala empieza a moverse hacia atrás. Por otra parte, la fase de recuperación se midió desde el primer

cuadro en el cual el remo avanza, hasta que llega a su posición más adelantada. En la figura 2.5, se muestran los ángulos promedios de flexión en el tronco, al inicio y al final de la fase de propulsión, del lado en el cual remaron las atletas.

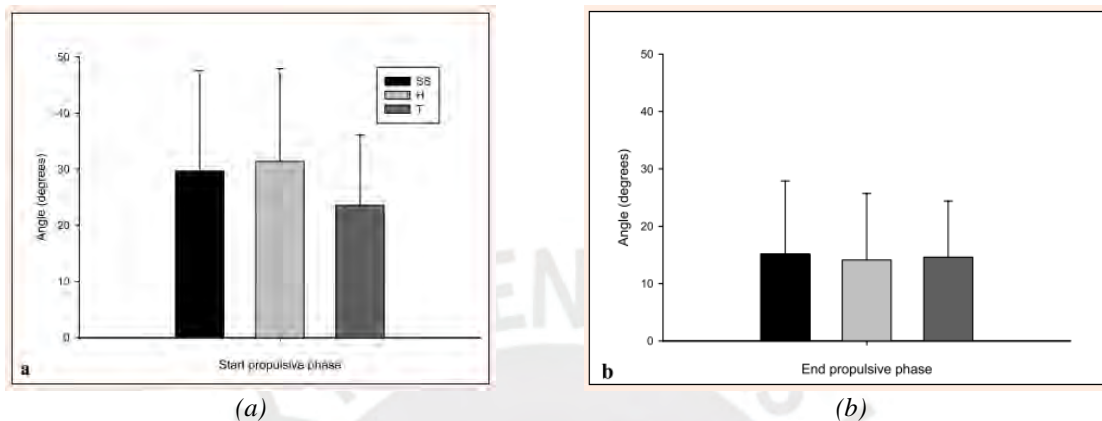


Figura 2.5. Ángulos de flexión del tronco al inicio a) y al final b) de la etapa de potencia de remado. Fuente propia a partir de Sealey, Ness y Leicht (2011).

Estudios en aguas abiertas

- a) *Biomechanical analysis of dragon boat paddling: A comparison of elite and sub-elite paddlers* (Ho et al., 2009)

La investigación estudia las características biomecánicas del canotaje en el tipo de canoa dragón y realiza una comparación de la eficiencia de la técnica de remado entre atletas de élite y sub élite. Se reconoce que la técnica y embarcación del canotaje dragón difieren del *Va'a*. Sin embargo, la figura del remador con la posición de los centros articulares podría ser adaptado para este deporte (ver figura 2.6). Por otro lado, en el artículo, se indica que la fuerza de remado se obtuvo al utilizar un remo de fibra de carbono especial que poseía galgas extensiométricas ubicadas en la pértiga en la parte de sujeción con la mano. Además, se obtuvieron los ángulos de ejecución de la técnica con un sistema de video y marcadores. Del estudio se rescata la idea de construir una curva de fuerza de remado y de ángulos de ejecución que permita comparar la técnica de remado de atletas de *Para Va'a* y atletas convencionales. Se determinó que la fuerza máxima de remado en atletas de élite

era en promedio $16.3 \pm 4.8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-2/3}$, y en atletas novatos de $11.4 \pm 2.6 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-2/3}$. La fuerza que se señala es una fuerza “normalizada”, que se obtiene de dividir la fuerza lineal aplicada sobre la masa elevado en $2/3$. Esta relación entre la fuerza y masa del atleta, se explica en el capítulo 3 del libro *Science and Practice of Strength Training*. La fuerza normalizada permite comparar la fuerza entre los atletas minimizando las ventajas o desventajas producidas por el género y/o masa de los atletas muestreados (Zatsiorsky y Kraemer, 2006). La fuerza en medidas internacionales (N) se obtiene multiplicando la fuerza promedio normalizada por la masa promedio de los atletas elevada en $2/3$. Entonces, la fuerza de los atletas de élite es en promedio 270.5 N (27.6 kg-f), y en atletas novatos de 214.8 N (21.9 kg-f).

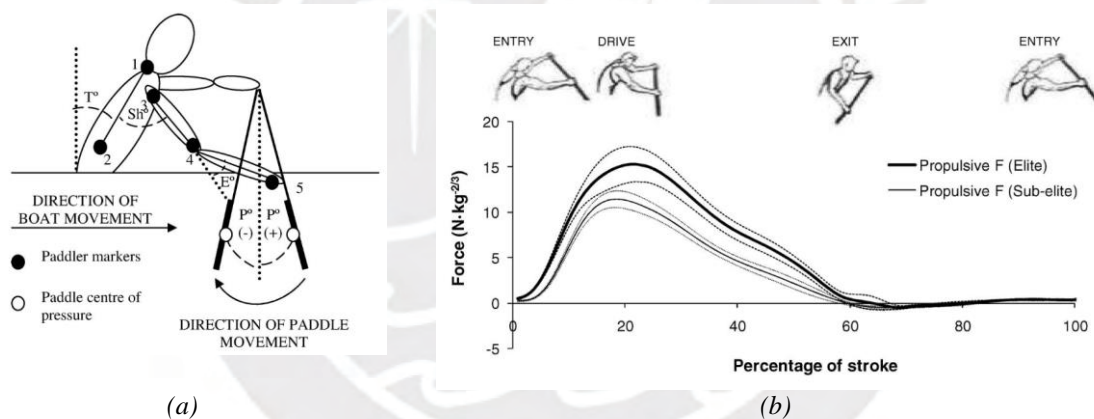


Figura 2.6. a) Posición de los marcadores en el remador b) Fuerza de remado en atletas de élite y amateur. Fuente: Ho, Smith, y O'Meara (2009).

Normativas en equipamientos deportivos y diseños adaptables

Por un lado, existen normas que se aplican para el diseño de ergómetros en los deportes náuticos. La norma ISO 20957-7:2020, recientemente actualizada, indica los requerimientos de seguridad, geometría, materiales y los métodos de testeo para la implementación de los ergómetros de remo (2020). Los ergómetros son equipos que se utilizan en competencias y, como se observó anteriormente, en diversas investigaciones. Por ello, la norma es importante, pues permite

estandarizar, por ejemplo, la fuerza de tensión de los cables en los diferentes niveles, la posición y geometría de los asientos y los apoyapiés, entre otros. Por otro lado, las normas “*ADA Standards for Accessible Design*” son estándares para el diseño de interiores, espacios abiertos, adaptaciones y estructuras adaptables para personas con discapacidad (2010). Las indicaciones brindadas en el índice 1008.3, que se refiere a sistemas de transferencia y elevación, se aplican para el diseño del simulador (en los anexos en la sección B.3 se desarrolla a detalle).

Novedad y aporte de la presente tesis

El *Va'a* es un deporte aún incipiente en el desarrollo de tecnologías de entrenamiento. En el estado del arte, se evidenció que las tecnologías más avanzadas respecto a simuladores están presentes en los deportes de remo y kayak. Por ejemplo, el simulador del entrenador John Puakea es artesanal, no presenta un sistema vaivén, su sistema de recirculación no es sofisticado y no se observan dispositivos electrónicos. Sin embargo, estas características sí están presentes en el simulador para remo de la empresa Myrtha Pools o en el video del simulador de canoa dragón anteriormente mencionados. La presente tesis selecciona los sistemas más convenientes de los simuladores que se recopilaron y los adapta al deporte del *Va'a*. Además, de diseñar componentes electrónicos que permitan registrar parámetros cinemáticos y la técnica de remado.

Por un lado, la novedad del simulador es su modularidad y versatilidad. El simulador y todos sus sistemas presentan piezas y ensambles que pueden desmontarse, lo cual facilita su traslado y mantenimiento. Según, lo observado en el estado del arte, los simuladores presentan usualmente 4 sistemas, ver tabla 2.3, (sistema de acceso o entrada y salida, sistema de flotación, sistema vaivén y sistema de recirculación) y se ubican sobre estructuras fijas al suelo usando piscinas de concreto o contenedores de agua. Sin embargo, el presente simulador se ubica sobre una piscina estructural

comercial, la cual es mucho más ligera y puede desensamblarse. Además, el sistema de entrada y salida, está compuesto por una escalera y un puente, cuya unión pivotada puede desmontarse. Asimismo, el sistema de flotación está conformado por la cabina de una canoa tradicional de V1 y flotadores unidos por empaquetaduras y uniones atornilladas. Finalmente, los caballetes del sistema vaivén están fijados al jardín o suelo por medio de anclajes que pueden ser removidos cuando se requiera. El simulador es versátil, pues pueden colocarse diferentes accesorios electrónicos que permitan monitorear la técnica de remado y también adaptaciones que permitan que personas con diferentes tipos de discapacidad puedan entrenar en el simulador.

Por otro lado, el aporte del simulador es proporcionar un entorno similar al de aguas abiertas y ser al mismo tiempo un entorno controlado para realizar estudios científicos y/o deportivos. El simulador intenta imitar un entorno real por ello, en primer lugar, se ubica sobre una piscina con agua; en segundo lugar, el sistema vaivén no es estático, lo cual permite simular mediante sogas elásticas el efecto vaivén al remar en aguas abiertas; y finalmente, presenta un sistema de recirculación, el cual facilita la recirculación del flujo de agua. Por otra parte, según lo observado en los artículos científicos, se reconoce que las pruebas se realizan usualmente sobre ergómetros. Esto debido a que pueden ubicarse en un espacio controlado (por ejemplo, en un laboratorio o gimnasio), en el cual puedan realizarse las mediciones o intervenciones que sean necesarias. Sin embargo, esto podría ser contraproducente para la investigación, pues la técnica ejercida sobre un ergómetro no es la misma que en un entorno real, lo cual representa de antemano una limitación, según indica Rosén et al. (2019).



CAPÍTULO 3: DISEÑO CONCEPTUAL

En el presente capítulo, se redacta el desarrollo del diseño conceptual. En primer lugar, se indican los requerimientos del sistema. En segundo lugar, se obtiene la estructura de funciones. En tercer lugar, se desarrolla la matriz morfológica y se determinan los conceptos preliminares. Finalmente, la evaluación técnica y económica de cada concepto preliminar permite obtener el diseño conceptual óptimo.

3.1 Requerimientos del sistema

En esta sección se redactan los requerimientos mecánicos, electrónicos y de control del simulador de canotaje polinésico para personas con discapacidad. La lista de exigencias se encuentra en el Anexo A.

Requerimientos mecánicos

- El simulador debe poder ensamblarse en un espacio abierto como un jardín en un espacio máximo de 10x10 m. Se espera que los subsistemas del simulador puedan desensamblarse con el objetivo de poder trasladarlo.
- El simulador debe considerar un sistema de acceso que permita que los atletas clasificados en la categoría VL3 puedan ingresar y salir del simulador, en lo posible, de forma independiente. La norma de diseño accesible ADA indica las consideraciones geométricas para los sistemas de elevación para personas con discapacidad (2010).
- El simulador debe intentar imitar un entorno real. Por lo tanto, se debe ubicar la cabina o canoa V1 en una piscina o tanque con agua. Asimismo, se debe diseñar un sistema de recirculación de flujo y la canoa no debe mantenerse estática, sino que debe producirse un efecto vaivén.
- El rango de masa del usuario del simulador debe ser el mismo que el considerado por las canoas comerciales (50 kg – 110 kg), mayor información en el Anexo B.
- La cabina o canoa debe sujetarse a cuerdas, ligas o resortes los cuales deben soportar la fuerza de remado máxima de los atletas. El estudio de la fuerza de remado, que se muestra en una sección posterior, indica que la fuerza máxima obtenida en un atleta peruano fue de 294.3 N (30 kg-f). Sin embargo, el simulador considera soportar una fuerza de remado máxima de 490.5 N (50 kg-f).
- Los materiales deben ser resistentes al agua y a la intemperie. Se considera una temperatura ambiental de 10°C hasta 35°C. Asimismo, los materiales deben ser accesibles y reemplazables en el mercado peruano.

Requerimientos electrónicos y de control

- Los accesorios deben alimentarse con baterías o pilas con voltaje nominal de 3 V – 9 V. Esto a causa de que el simulador se encuentra en contacto con el agua y no deben producirse descargas eléctricas. Las baterías tendrán una duración mínima de 3 horas.
- Los accesorios deben enviar la información de forma inalámbrica al dispositivo de visualización. Asimismo, los accesorios no deben entorpecer ni estorbar la técnica de remado de los atletas.
- Los accesorios deben medir los ángulos de ejecución de la técnica de remado. Asimismo, deben registrar parámetros cinemáticos como velocidad, fuerza y aceleración.
- Los materiales y componentes electrónicos deben ser accesibles en el mercado peruano.
- Se espera que las carcasas de los accesorios que estén contacto con el agua cumplan con la norma EN 60529 con un grado de protección de IP54³.
- El sistema de visualización debe mostrar los parámetros de velocidad, fuerza y aceleración medidos por los accesorios.

3.2 Estructura de funciones

Luego de presentar la lista de requerimientos, se determina la estructura de funciones. El sistema de caja negra permite la visualización de las entradas y salidas del simulador.

Caja negra

El esquema de abstracción del simulador se muestra en la figura 3.1.

³IP54 = IP (Protección de ingreso), 5 (Limita el ingreso del polvo) y 4 (protegido contra el rocío de agua en todas las direcciones).

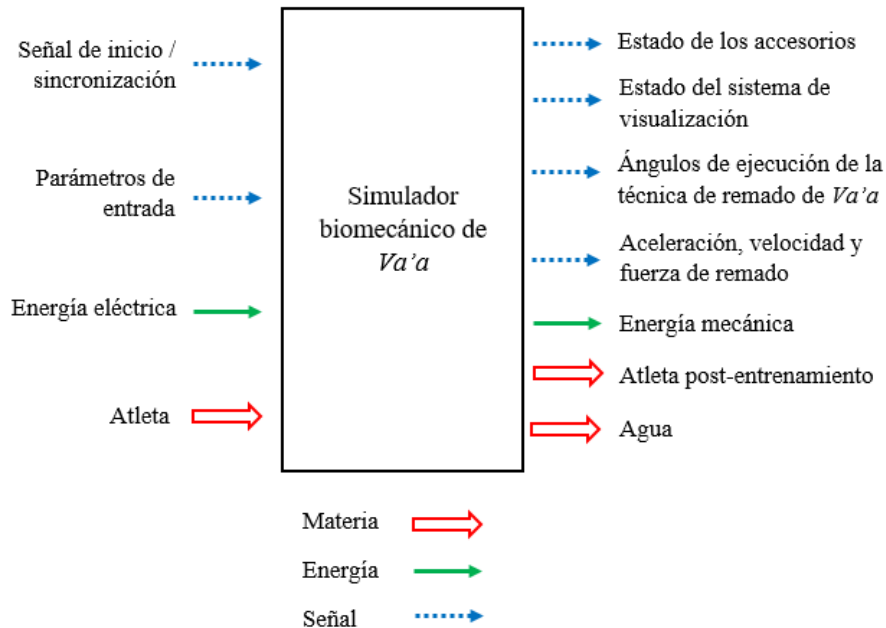


Figura 3.1. Caja negra del simulador de canotaje polinésico. Fuente: Elaboración propia.

La identificación de las entradas y salidas del sistema permite obtener las funciones en los dominios mecánicos, electrónico y de control.

Funciones del dominio mecánico

- Elevar atleta: Función que permite elevar al atleta a la altura del asiento de la cabina.
- Trasladar atleta: Función que permite trasladar al atleta del punto descrito en la función previa hacia el asiento de la cabina de la canoa.
- Iniciar remado: La fuerza proporcionada por el atleta al remar es la encargada de esta función.
- Trasladar canoa: Función que permite el avance de la canoa al remar, lo cual produce la sensación de entrenar en un entorno real. La fuerza producida para avanzar la canoa será proporcionada por el atleta. El diseño del simulador no debe restringir el avance.
- Guiar canoa: Función que permite dirigir el avance longitudinal de la canoa. De esta forma,

imposibilita el impacto de la canoa en los costados de la piscina.

- Recircular el agua: Sistema que permite la recirculación del agua. De esta forma el retorno del agua que impacta sobre la pared posterior, después de cada palada, no afecta el entrenamiento.
- Retornar canoa: Función que permite regresar el avance de la canoa. De esta forma, la canoa retorna al punto de partida.
- Salir del simulador: Función que permite la salida segura del atleta convencional o con discapacidad del simulador.

Funciones del dominio electrónico y de procesamiento

- Almacenar energía: Permite almacenar energía eléctrica.
- Proporcionar energía: Esta función permite el paso de la energía eléctrica a los componentes electrónicos.
- Regular voltaje: Función que permite regular el voltaje necesario para alimentar los accesorios y el sistema de visualización (3 V-9 V).
- Registrar captura de movimiento: Función que permite registrar la ejecución de la técnica de remado mediante sistemas de captura de movimiento.
- Registrar parámetros cinemáticos: En esta función se registra la aceleración, velocidad y fuerza de remado mediante los accesorios pertinentes.
- Almacenar información: Función que almacena la información registrada durante el entrenamiento.
- Ingresar parámetros: Función que permite ingresar las características del atleta antes de realizar un entrenamiento convencional (edad, talla, masa, entre otras).

- Procesar datos sensados: Función que permite recibir y procesar los datos registrados por los accesorios.
- Sincronizar y transmitir data: Sincroniza y transmite información de los accesorios al sistema de visualización.
- Sincronizar y recibir datos: Sincroniza y recibe los datos proporcionados por los accesorios en el sistema de visualización.
- Procesar datos recibidos: Procesa los datos recibidos por los accesorios y los parámetros ingresados.
- Procesar información de los sistemas de captura de movimiento: Procesa la información registrada de la técnica producida al remar.
- Mostrar información de los accesorios: Muestra al atleta los parámetros de remado durante el entrenamiento capturados por los accesorios.
- Mostrar información: Función que permite mostrar los resultados después del entrenamiento proporcionados por el sistema de captura de movimiento.

En la figura 3.2 se muestra la interacción entre las funciones de los 3 dominios planteados.

3.1 Matriz morfológica, evaluación técnica-económica y diseño conceptual óptimo

El desarrollo de la matriz morfológica forma parte de la metodología VDI 2221. El método consiste en entrelazar las soluciones de cada dominio (mecánico, electrónico y de control o procesamiento) de forma que se obtengan 3 soluciones preliminares que resuelvan las necesidades de las funciones. Finalmente, se realiza un análisis técnico y económico que permite obtener el concepto de solución óptimo. El desarrollo de la matriz morfológica, la evaluación técnica-económica y el diseño conceptual óptimo se encuentran en el Anexo A.

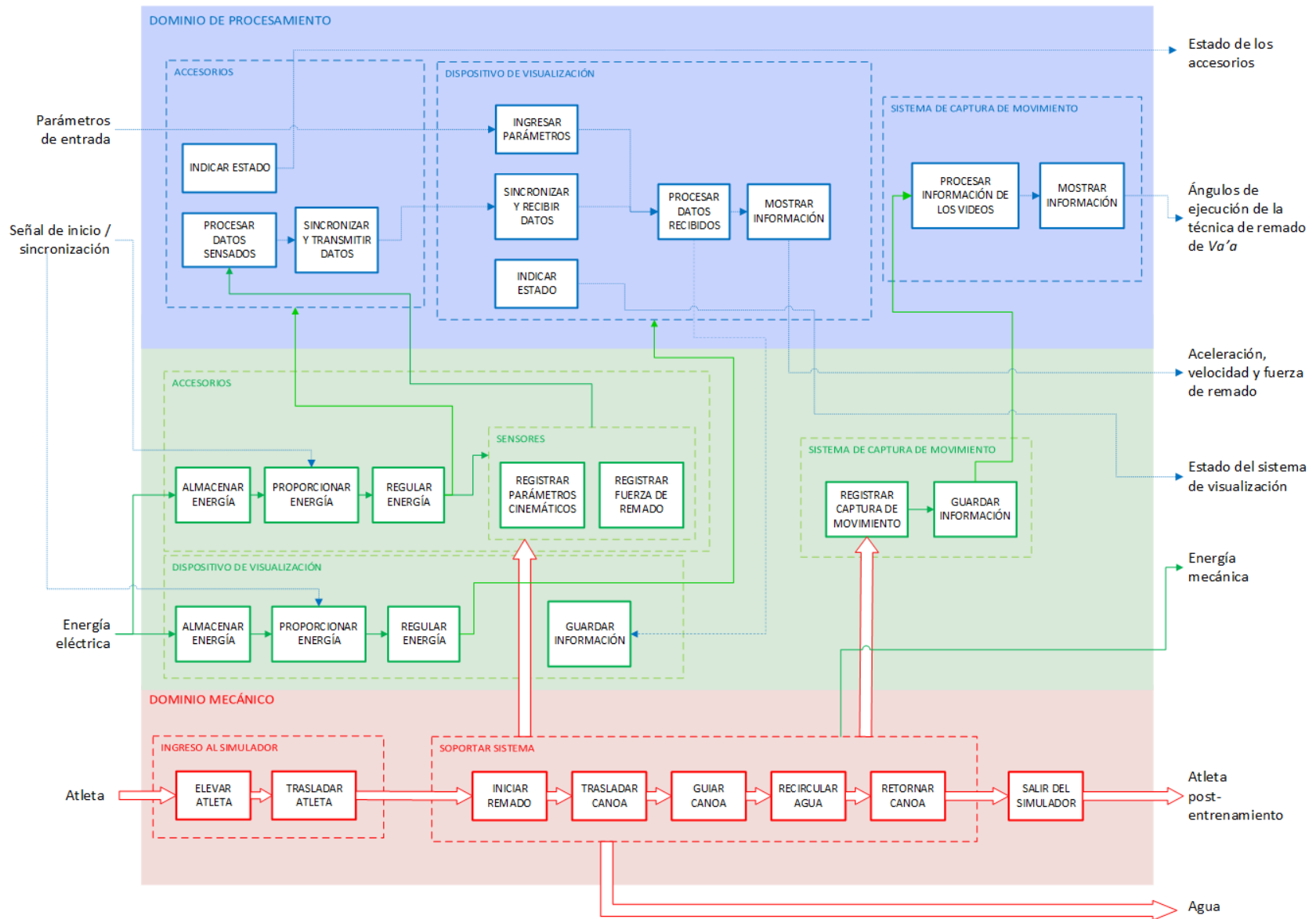


Figura 3.2. Estructura de funciones del simulador de canotaje polinésico en el tipo de canoa V1 para personas con discapacidad motora inferior. Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO 4: DISEÑO MECATRÓNICO

En el presente capítulo, en primer lugar, se redacta la integración del sistema mecatrónico y su funcionamiento. En segundo lugar, se expone el diseño mecánico y sus subsistemas. En tercer lugar, se describen los accesorios y el sistema de cámaras del simulador. En cuarto lugar, se desarrolla el aplicativo de software. En quinto lugar, se realiza una prueba en aguas abiertas, en la cual se estudia la técnica de remado en atletas convencionales y con discapacidad. Finalmente, se presenta la lista de planos de ensamble y de despiece del simulador.

4.1 Sistema mecatrónico integrado

La figura 4.1 muestra al simulador de canotaje polinésico en el tipo de canoa V1. El diseño del simulador considera que debe ensamblarse en un espacio abierto como un jardín y se selecciona una piscina estructural comercial (7) para simular el entorno acuático. El simulador cuenta con 4 sistemas mecánicos: sistema de entrada y salida (8), sistema de flotación (2), sistema vaivén (5) y sistema de recirculación (6); y 3 accesorios electrónicos: accesorio medidor de fuerza (4), accesorio medidor del alcance de remado (3) y el sistema de cámaras (1).

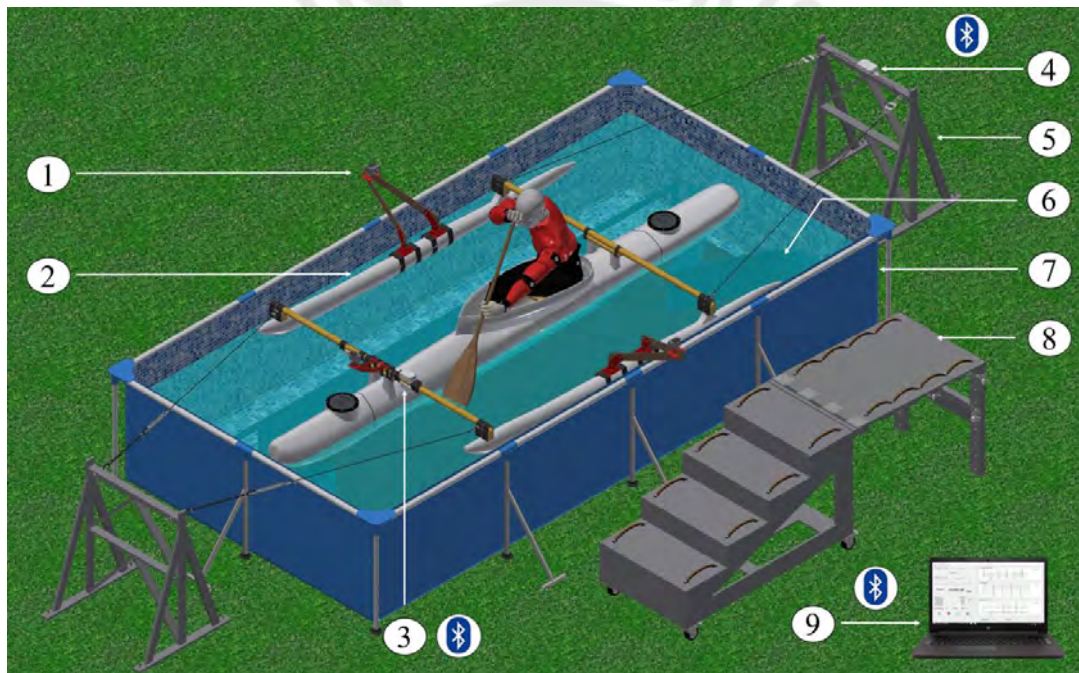


Figura 4.1: Simulador de canotaje polinésico en el tipo de canoa V1 dirigido a atletas con discapacidad motora inferior. Fuente: Elaboración propia.

El atleta ingresa sentado por la escalera y puente del sistema de entrada y salida, y se ubica en el asiento de la cabina de la canoa del sistema de flotación. El sistema vaivén restringe parcialmente el avance de la canoa mediante cuerdas y cables atados a los caballetes. El sistema de recirculación ubicado en el fondo de la piscina permite recircular el agua. Por un lado, los accesorios de medición de fuerza y del alcance de remado se comunican inalámbricamente por

Bluetooth con el aplicativo de escritorio instalado en una computadora portátil. Durante el entrenamiento es posible que el entrenador observe, en la ventana del aplicativo, los valores de fuerza, alcance de remado, velocidad, aceleración, número de paladas x mín. y la caracterización de cada palada (izquierda o derecha). Asimismo, es posible guardar los parámetros registrados en el entrenamiento. El aplicativo considera 2 tipos de entrenamiento, un entrenamiento libre y otro dirigido. En el entrenamiento del tipo dirigido, el atleta debe remar en el periodo de palada previamente definido mientras que en el entrenamiento libre no. Por otro lado, el sistema de cámaras registra en videos el entrenamiento, los cuales después se procesan en el software de KINOVEA y posteriormente en Matlab. De esta forma, se obtienen las curvas de ángulos de ejecución de la técnica. A continuación, se redacta el diseño mecánico, los accesorios y el diseño de software del aplicativo de escritorio. En las secciones siguientes, se muestran el detalle de cada sistema y los cálculos pertinentes.

4.2 Diseño mecánico del simulador de *Va'a*

En la presente sección, se expone el diseño mecánico del simulador de canotaje polinésico explicado desde sus diferentes sistemas y componentes. En primer lugar, se realiza la selección de la piscina estructural. En segundo lugar, se estudian las normas de ergonomía, y diseño en sistemas de elevación y transporte dirigido a personas con discapacidad. Esto con la finalidad de determinar las dimensiones del sistema de entrada y salida. En tercer lugar, se realiza una evaluación teórica y experimental para calcular el calado de la cabina de la canoa V1. De esta forma, se obtiene el diseño de los flotadores del sistema de flotación. En cuarto lugar, se diseña el sistema de recirculación de flujo a partir de la búsqueda realizada en el estado del arte. Finalmente, a partir de una prueba de fuerza de remado experimental, se diseña el sistema vaivén.

4.2.1 Piscina estructural

Se selecciona como entorno del simulador a una piscina estructural comercial. Esto debido a que posibilita desensamblar y trasladar el simulador. En la sección B.1 de los anexos, se realiza un estudio de las medidas geométricas de los remos nacionales y así se determina la profundidad de remado. Asimismo, se señalan las dimensiones geométricas externas de una canoa del tipo V1. Por otra parte, se realiza una búsqueda de las piscinas estructurales comerciales disponibles en el mercado peruano. En primer lugar, se observa que no existe una piscina estructural comercial de la longitud de una canoa V1 completa. Por ello, tal como se planteó en el concepto de solución, es conveniente usar únicamente la cabina de la canoa V1. En segundo lugar, se reconoce que la altura de la piscina debe ser mayor al de la profundidad de remado (mayor que 590 mm) y el ancho debe ser mayor al de una canoa V1 con doble iako (208.5 mm). Sin embargo, la compra de una piscina de un ancho mayor al del ensamble con doble iako (considerando una tolerancia apropiada por lado) representa un costo muy superior. Por ello, se realiza una adaptación con iakos de bambú para reducir la medida del ensamble entre la cabina y las 2 amas (esto no interfiere en la técnica para remar en el simulador). Finalmente, se selecciona la piscina que se indica en el ítem 3 en la tabla B.6 de los anexos cuyas dimensiones son de 4.5x2.2x0.84 m.

4.2.2 Sistema de entrada y salida

El sistema de entrada y salida es el primer sistema del simulador, el cual consiste principalmente en una escalera de triplay fenólico estructural y un puente de madera. Este sistema permite que un atleta con discapacidad motora inferior, clasificado en la categoría VL3 o con características de discapacidad más leves, puedan acceder al simulador en lo posible de forma independiente. El factor de seguridad considerado para el diseño de todos los sistemas es $FS = 3$,

el cual se determinó a partir de las propuestas de 2 autores en sus respectivos libros de diseño de máquinas (mayor información en los anexos B.2).

Escalera

La escalera es un sistema de elevación que permite al atleta alcanzar la altura del puente (ver figura 4.2). El material utilizado para la estructura es triplay fenólico de 15 mm. Después de un proceso de lijado, se pintan todas las superficies con pintura epóxica (color sugerido: gris claro RAL-7035 K7) para lograr una mayor resistencia a la humedad. Por otro lado, las dimensiones de la escalera cumplen con los rangos establecidos por la norma de diseño accesible ADA (2010), mayor información en los anexos B.3. El atleta sube sentado apoyado por las agarraderas laterales (1). Las agarraderas (1) son pedazos de manguera reforzada, las cuales se doblan para conseguir una geometría curva. Estas se ensamblan a la escalera mediante una unión de perno, arandela de caucho, arandela plana y tuerca. El diseño es similar al de las agarraderas de las tablas de rescate acuáticas (Sunset Board, 2020). Asimismo, el diseño incluye garruchas con freno (3) para facilitar su movilización y 2 piezas de acero inoxidable (2), en las cuales se insertará el puente.

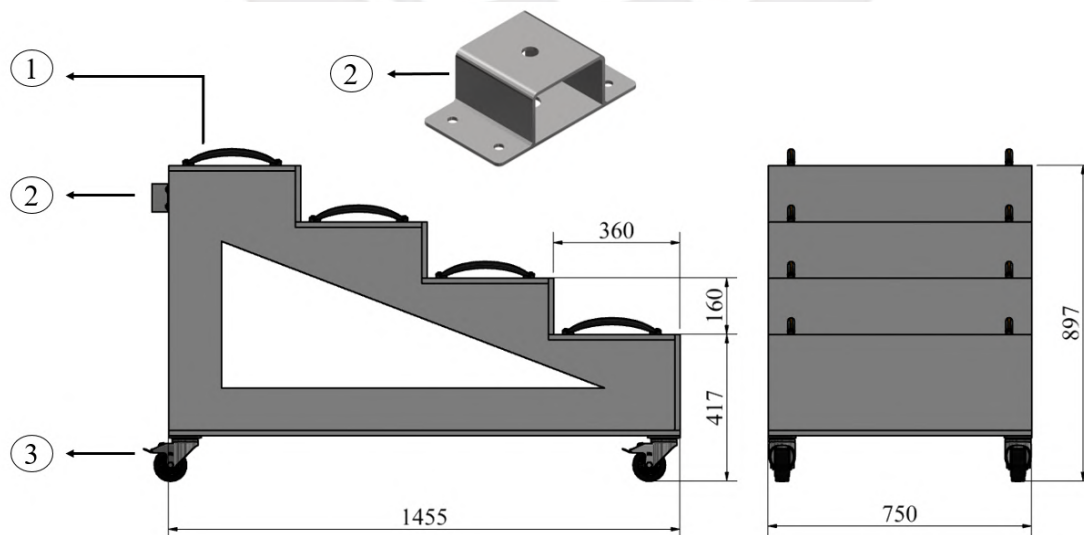


Figura 4.2: Escalera y sus componentes del sistema de entrada y salida. Fuente: Elaboración propia.

Los cálculos de resistencia de materiales de los peldaños, la simulación por elementos finitos que permitió calcular el espesor de la estructura y la selección de las garruchas se encuentran en la sección B.3 de los anexos.

Puente

En el paracanutaje se han desarrollado adaptaciones que sirven para trasladar a personas con discapacidad desde un muelle (próximo al nivel del mar o río) hasta el asiento de una canoa (United States Access Board, 2020). El presente diseño (ver figura 4.3) cumple la misma función: el puente permite que el atleta pueda trasladarse sentado ayudado por las agarraderas (1) desde el último peldaño de la escalera hasta el asiento de la cabina de la canoa V1. Los materiales seleccionados para su fabricación son madera Pino Americano y piezas de acero inoxidable. El puente está pivotado al inicio por 4 bisagras especiales (8) de acero inoxidable ensambladas con pernos a una pieza de madera (7), la cual permite encajar el puente en las piezas de acero inoxidable de la escalera (ver figura 4.2). Además, esta proporciona un área en donde se apoya el tablón del puente (9), reduciendo el esfuerzo en las bisagras. Por otro lado, el puente se apoya sobre 2 soportes pivotados (5) ubicados en el extremo final del puente. También, se ensamblan listones transversales (6) y 2 maderas diagonales pivotadas (3) que reducen las deformaciones producidas por el atleta cuando se sienta sobre los bordes del puente. Las bisagras especiales (8), y las piezas de acero inoxidable (2) y (4) permiten rebatir el puente respecto de la escalera para facilitar el retiro del sistema total una vez que el atleta este fijo en su asiento. En primer lugar, se deben desenroscar las tuercas mariposa y retirar las perillas de la parte superior de ambas maderas diagonales (3). En segundo lugar, se desajustan las perillas de los soportes verticales (5). Finalmente se rebate el puente en sentido horario y está listo para retirarse. En la sección B.3 de

los anexos, se muestran figuras de los detalles del puente, el procedimiento para rebatir el puente y el diseño de las bisagras especiales.

La masa total del puente y sus componentes es de 17 kg aproximadamente. Este dato se obtuvo de las propiedades del ensamble en el software Autodesk Inventor. La Ley N° 29088 indica que la masa máxima a levantar desde el suelo por un solo trabajador hombre es de 25 kg mientras que en una mujer es de 12.5 kg (Perú, 2009). En el simulador, el puente se encuentra a una altura de 850 mm respecto del suelo. Asimismo, el puente no se debe de levantar sino rebatirlo ayudado por las bisagras. Luego de rebatirlo, las garruchas facilitan su transporte. Por ello, se considera que la masa del puente cumple con lo indicado por la ley. Se recomienda que el puente sea rebatido por un usuario hombre o dos mujeres. Los cálculos de resistencia de materiales del puente y la simulación por elementos finitos en Autodesk Inventor del sistema completo (puente y escalera) se encuentran al final de la sección B.3 en los anexos.

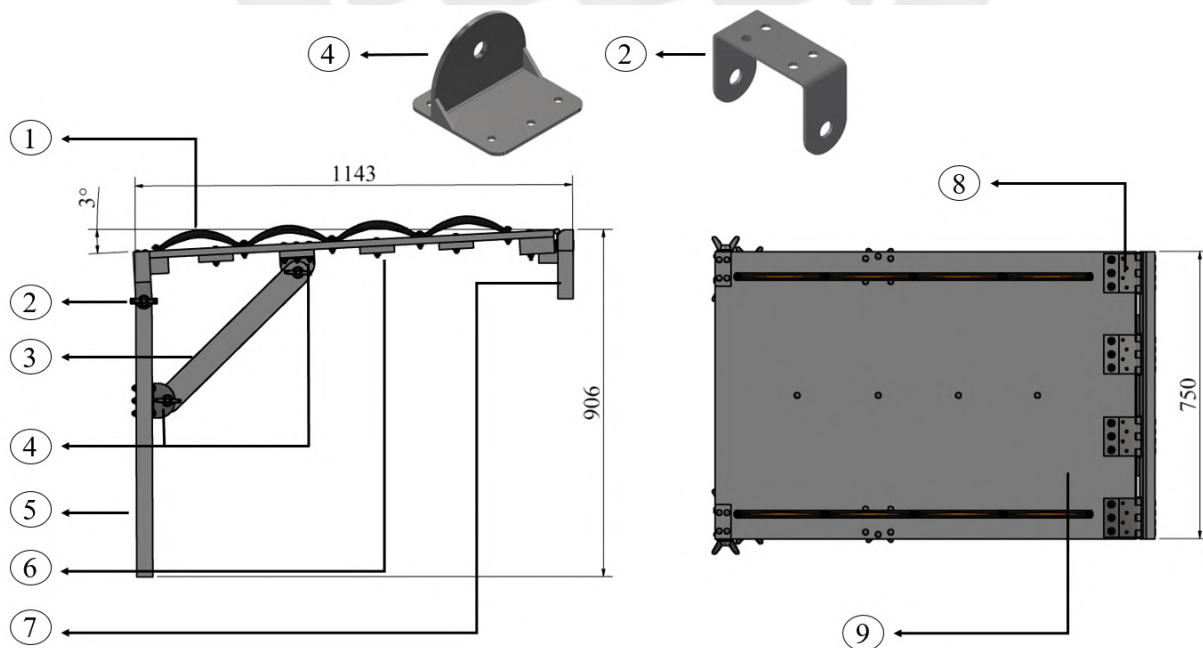


Figura 4.3 Puente y sus principales piezas. Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Sistema de flotación

El sistema de flotación es el encargado de garantizar la flotabilidad y la estabilidad de la canoa en el simulador (ver figura 4.4). Este sistema está compuesto, principalmente, por una cabina de canoa V1 (3), 2 amas (1), el flotador de la proa (2), el flotador de la popa (4) y 2 iakos de bambú (5). La cabina se ensambla a los iakos y a las 2 amas mediante amarres con caucho (6).

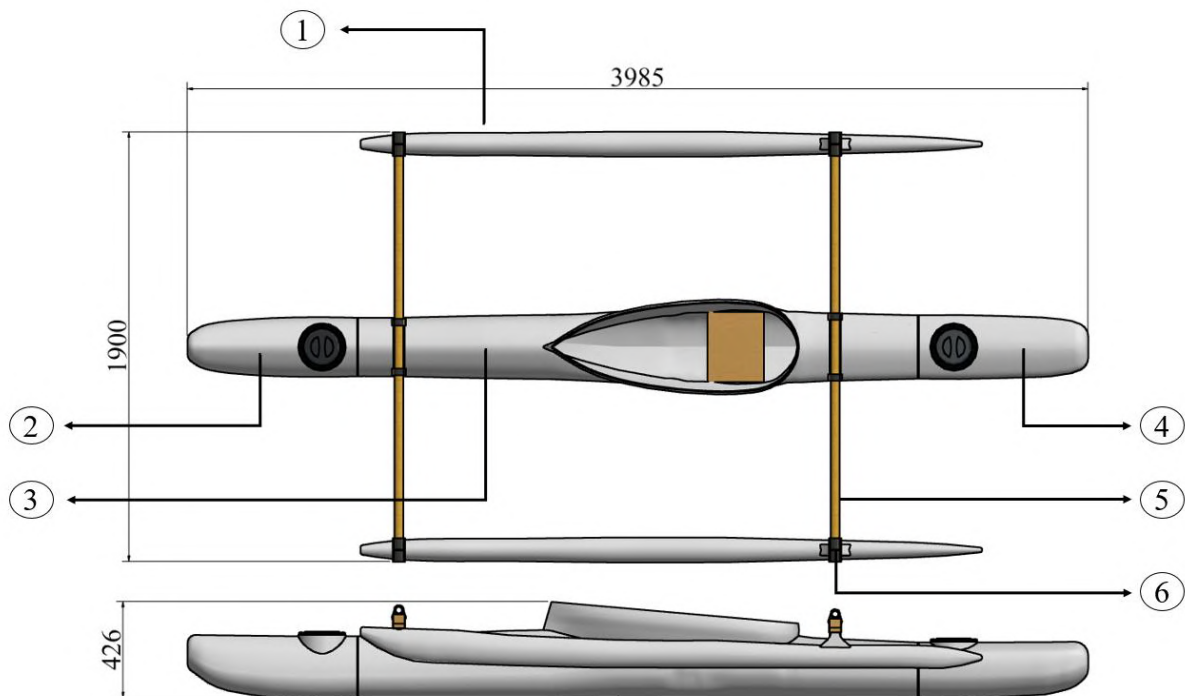


Figura 4.4: Diseño en Autodesk Inventor del sistema de flotación del simulador. Fuente: Elaboración propia.

Cabina de canoa V1

En la figura 4.5, se muestra el diseño computacional de la cabina de una canoa del tipo V1 (2), la cual tiene una longitud de 2.5 m. Las caras exteriores de la proa (1) y de la popa (3) se encuentran reforzadas con una brida de fibra de vidrio de 6 mm de espesor. Esta brida tiene 6 agujeros de 7/16" por donde pasaran los pernos, tuercas y arandelas para permitir el ensamble con los flotadores.

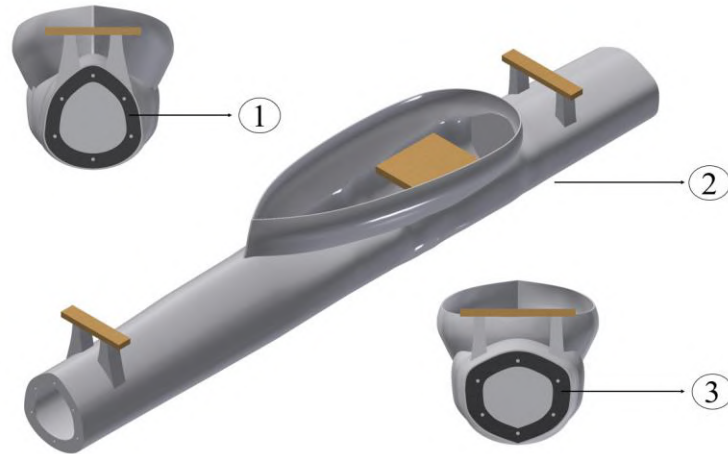


Figura 4.5: Diseño en Autodesk Inventor de la cabina de la canoa V1⁴. Fuente: Elaboración propia.

Ama de la canoa V1

El ama es un elemento del *Va'a* elaborada con fibra de vidrio. La función del ama al ensamblarse a la canoa es servir de estabilizador y proporcionar una sección de apoyo a la canoa. En el deporte de *Va'a*, se utiliza un solo ama ubicado a la izquierda de la embarcación. En las competencias de velocidad de paracanotaje en V1 del ICF es posible que los atletas ensamblen el ama del lado derecho o izquierdo, según su comodidad o características de su discapacidad (ICF, 2021). Sin embargo, en el diseño del simulador se utilizarán dos amas (ver figura 4.4) para garantizar la estabilidad del atleta al remar y mitigar los riesgos de volteo de la canoa. La figura 4.6 muestra el diseño computacional del ama.

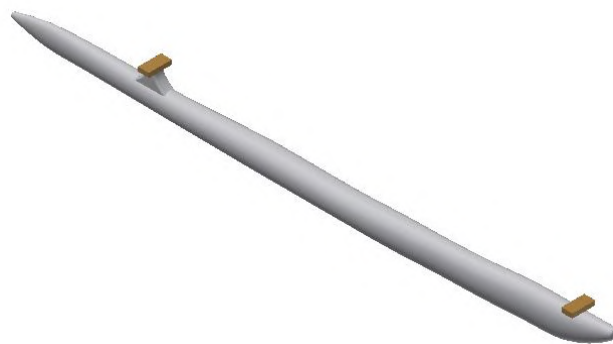


Figura 4.6: Diseño en Autodesk Inventor del ama de la canoa V1. Fuente: Elaboración propia.

⁴ Se cambia a color negro las bridas en ambas caras de la cabina, únicamente, para poder observar mejor la imagen. El color es blanco como en la imagen isométrica.

Iakos de bambú

No se utilizan iakos dobles de madera con las medidas estándares (208.5 mm), debido a que el ancho total no es apropiado para las dimensiones de la piscina seleccionada (220 mm)⁵. Por ello, se realiza una adaptación con iakos de bambú (tradicionalmente utilizados en este tipo de canoas) de un diámetro exterior aproximado de 50 mm, longitud 190 mm y espesor de 5 mm. Es importante mencionar que la reducción lateral del espacio de remado no influye en el entrenamiento ni en la ejecución de la técnica. Esto solo influiría para direccionar la canoa; es decir, para girar hacia la derecha o izquierda. Sin embargo, el diseño está dirigido únicamente a un entrenamiento de velocidad en línea recta.

Flotadores

Debido a que se utiliza parte de la longitud total de una canoa de V1, es pertinente, realizar un estudio de flotación. El estudio permite que el nivel de calado (medida de la longitud sumergida de la canoa) producido por un deportista de masa entre 50 kg a 110 kg en la cabina de V1 del simulador, sea el mismo que el producido por una canoa V1 convencional en aguas abiertas. La importancia de proporcionar el mismo calado reside en que la canoa ofrece mayor resistencia al remar mientras se encuentre más sumergida y el simulador intenta replicar un entorno real. Los cálculos que permiten diseñar los flotadores de fibra de vidrio de la proa (5) y popa (3), ver figura 4.7, se encuentran al final de la sección. Sus caras exteriores, (1) y (2) respectivamente, están reforzadas con una brida, también de fibra de vidrio, de 6 mm de espesor y con 6 agujeros de 7/16". Además, se añaden escotillas (4) sobre las caras superiores para poder realizar el ensamble con la cabina (introducir los pernos, tuercas y arandelas).

⁵ El estudio geométrico se encuentra en los anexos en la sección B.1.



Figura 4.7: Diseño en Autodesk Inventor de los flotadores de la proa y popa⁶. Fuente: Elaboración propia.

Empaquetaduras y ensamble

Entre la cabina y los flotadores, se colocan empaquetaduras de caucho de nitrilo (NBR) de 5 mm de espesor y de dureza Shore A 60 ± 5 , tanto en la proa (a) como en la popa (b) (ver figura 4.8). Esto con el objetivo de evitar el filtrado del agua. No se realiza el cálculo de esfuerzos en las bridas ni de las uniones atornilladas, porque son medidas comúnmente utilizadas en canoas comerciales ensamblables y en la industria náutica. Los agujeros son de $7/16''$.



Figura 4.8: Diseño de las empaquetaduras de la proa (a) y popa (b). Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se explica el procedimiento para ensamblar los flotadores y las empaquetaduras. En la figura 4.9, se observa el detalle. En primer lugar, el usuario abre la escotilla e inserta la cabeza del perno coche de $3/8''$ (3) del lado de la cabina. El perno coche (3) atraviesa

⁶ Se cambia a color negro las bridas en ambas caras de los flotadores, únicamente, para poder observar mejor la imagen. El color debe ser blanco como en la imagen isométrica.

la brida de la cabina (1), la empaquetadura (2) y la brida del flotador (4), siempre en este orden. En segundo lugar, inserta una arandela de caucho (5) y una arandela plana (7). Finalmente, se debe ajustar con la tuerca mariposa (6). El ajuste provoca que el perno coche se inserte en la madera fijando el ensamble. Este tipo de unión modular facilita el transporte y mantenimiento de cada uno de los componentes, puesto que es posible separar los flotadores de la cabina.

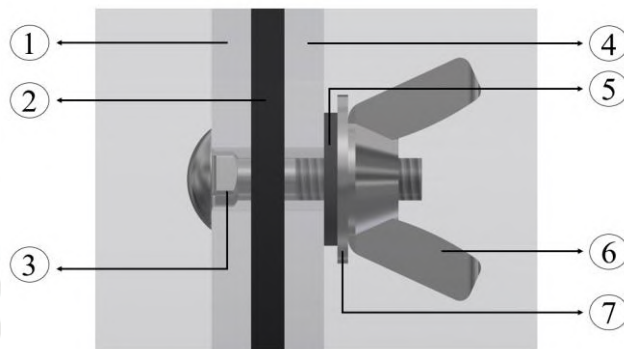


Figura 4.9: Detalle del ensamble de los flotadores con la cabina del simulador. Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de flotación y diseño de los flotadores

El cálculo de flotación, como se mencionó anteriormente, es importante para garantizar la flotabilidad del sistema y proporcionar un nivel de calado igual al de un entorno real. En la sección B.4 en los anexos, se determina, en primer lugar, el calado de una canoa V1 completa mediante una prueba experimental en aguas abiertas a atletas con diferente masa corporal. En segundo lugar, se obtiene la curva de flotación de la cabina con la ayuda del sólido computacional. En tercer lugar, se calcula el volumen de los flotadores que igualan, para un peso determinado, la curva de flotación de la cabina con la de una canoa convencional. Finalmente, a partir de correcciones iterativas, se obtiene el diseño de los flotadores de la popa y la proa finales que permiten obtener un mismo calado para atletas con una masa corporal de 50 a 110 kg. En esta sección se muestra, a manera de resumen, las curvas de flotación de la cabina del diseño computacional, de la cabina con los flotadores y de una canoa V1 convencional.

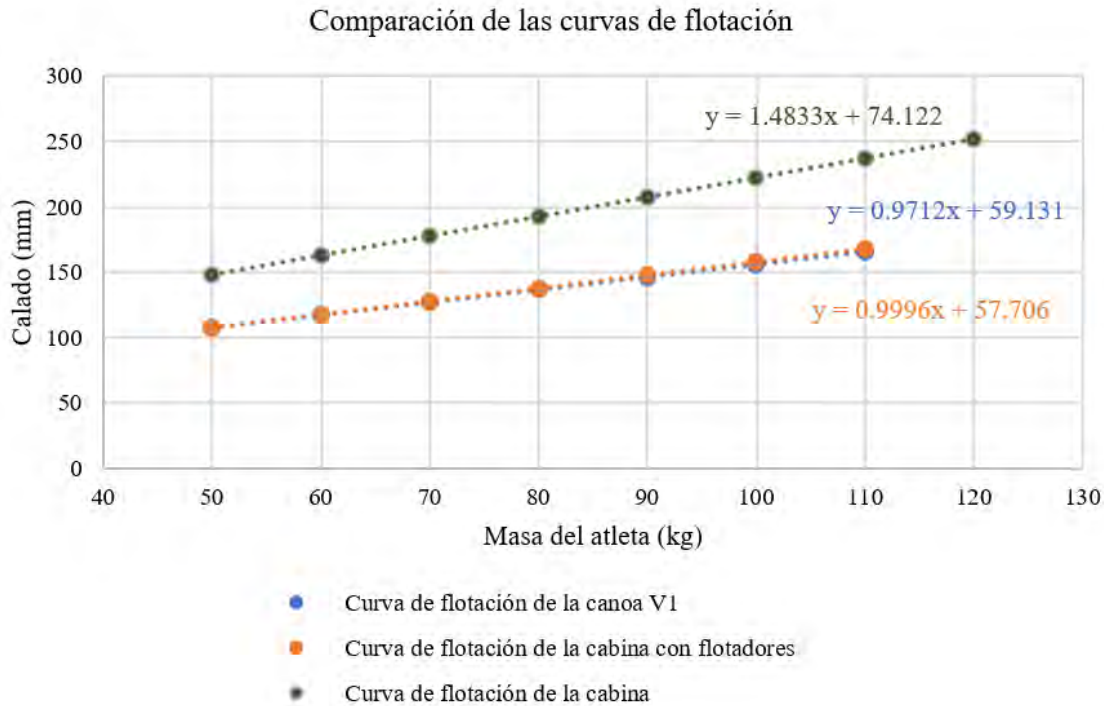


Figura 4.10: Comparación de la curva de flotación de la canoa V1 convencional, de la cabina con los flotadores y de la cabina. Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Sistema de recirculación de flujo

El sistema de recirculación se muestra en la figura 4.11, el cual está compuesto principalmente por 2 divisores de flujo (3) y 2 guidores de flujo (6). El diseño de divisores de flujo es comúnmente utilizado en simuladores artesanales. Esto se observó en el estado del arte en el simulador para canotaje polinésico del entrenador John Puakea (2019), y en la patente de Frank Solymosi con los divisores y guidores de flujo (1994). El diseño de este sistema, como se mencionó previamente en los alcances, no pretende simular un entorno real, sino únicamente facilitar la recirculación del agua. Los divisores de flujo están fabricados con lonas plastificadas con 1 abertura rectangular en cada extremo (3), las cuales están adheridas a las paredes de la piscina (líneas de color rojo en la imagen) con pegamento PVC y permiten separar el agua en 4 secciones (2 zonas de remado y 2 zonas de retorno, ver figura 4.12). El atleta rema en la zona de remado y produce, mediante cada palada, que el agua impacte sobre los guidores de flujo (6). Los guidores

de flujo también son lonas plastificadas, las cuales están adheridas (líneas de color rojo) a las paredes posteriores de la piscina (1). Su función es facilitar el paso del agua de la zona de remado a la zona de retorno o viceversa mediante su geometría curva, la cual se consigue atando con pasadores las telas a las varillas de aluminio (4). Las lonas presentan ojales por los cuales es posible introducir los pasadores para atarlos con las varillas. Las varillas se sostienen sobre bases de plástico (5) que están adheridas al piso de caucho. En el ensamble, se utilizan 10 varillas de aluminio, cruces rojas en la imagen (2), 3 por cada guiador de flujo y también 2 varillas de aluminio por cada divisor de flujo. El piso de caucho no solo permite adherir los soportes de las varillas, sino también proteger el piso de la piscina de rasguñaduras o cortes producidos cuando se posiciona la base del puente del sistema de entrada y salida para el ingreso del atleta al simulador.

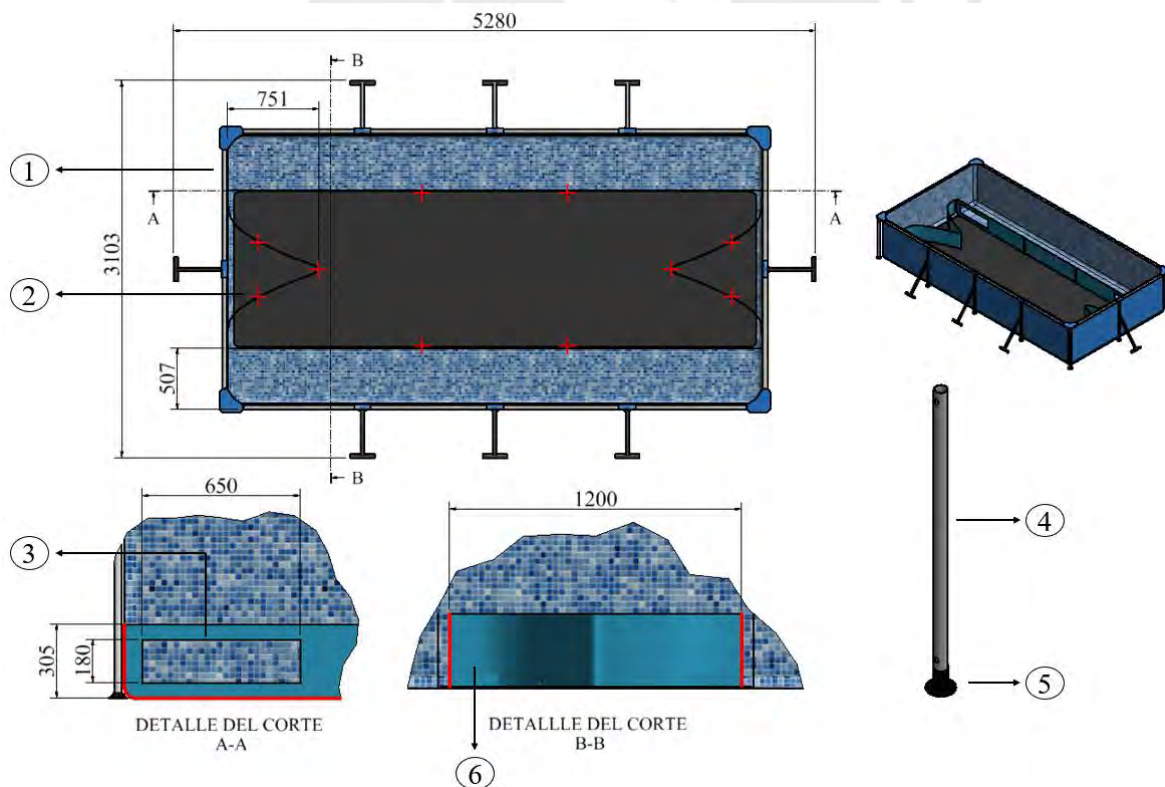


Figura 4.11: Sistema de recirculación de flujo del simulador. Fuente: Elaboración propia.

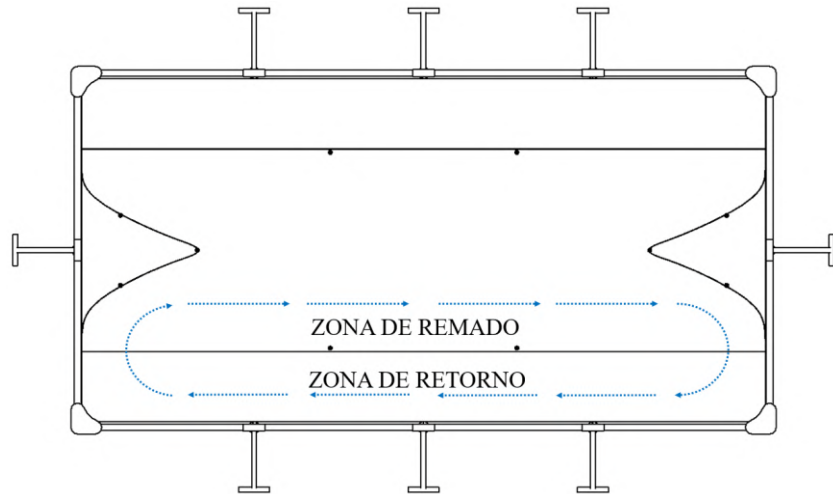


Figura 4.12: Detalle de las zonas de remado y de retorno de flujo del simulador. Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 Sistema vaivén

El atleta al remar realiza un avance lineal de la canoa. Sin embargo, este avance se encuentra parcialmente restringido por el sistema vaivén (ver figura 4.13). En el estado del arte, como se observó en una sección anterior, es frecuente el uso de cuerdas para restringir el movimiento en los simuladores (Hamel y Büscher, 2014). En el simulador de *Va'a*, la piscina (2) está llena con agua dulce (13) y la canoa (1) flota sobre esta. La canoa (1) se sujeta con cables de acero plastificado⁷ de 5 mm en los iakos en ambos lados, popa y proa. En el lado de la popa, el par de cables se ensamblan, mediante una unión con guardacables y grapas de 1/4"⁸ (9), a los ganchos de bombero (8) que sujetan también a la celda de carga (7), la cual se sujeta al caballete (6) con otros ganchos de bombero (3). En el lado de la proa, los cables de acero plastificado se ensamblan (10) a los tensores (11). En el otro extremo de los tensores, se ensamblan cuerdas elásticas de 12.5 mm del tipo BS3F70 (12), las cuales en su otro extremo se sujetan finalmente al caballete (14). Las cuerdas elásticas (12) permiten avanzar ligeramente la canoa. Sin embargo, al producirse la

⁷ También llamados “cables para polea de gimnasio”.

⁸ Este tipo de ensamble se realiza también en (14), (12) y (10).

siguiente palada, la fuerza de tensión contraria provoca un retroceso. Este proceso cíclico, se ejecuta durante todo el entrenamiento. La tensión en diagonal de las cuerdas permite la corrección del giro en la canoa provocado por una incorrecta técnica al remar. De esta forma, se evita el impacto de la canoa con las paredes laterales. Por su parte, los tensores (11) permiten regular la fuerza de pretensión en el ensamble. Los anclajes (5) permiten fijar los caballetes (6) en un jardín o cualquier espacio abierto con tierra. Los anclajes se introducen al roscarse de forma horaria con la ayuda de una varilla de acero inoxidable (4). Su diseño permite que se puedan desensamblar los caballetes, lo cual facilita su mantenimiento o traslado.

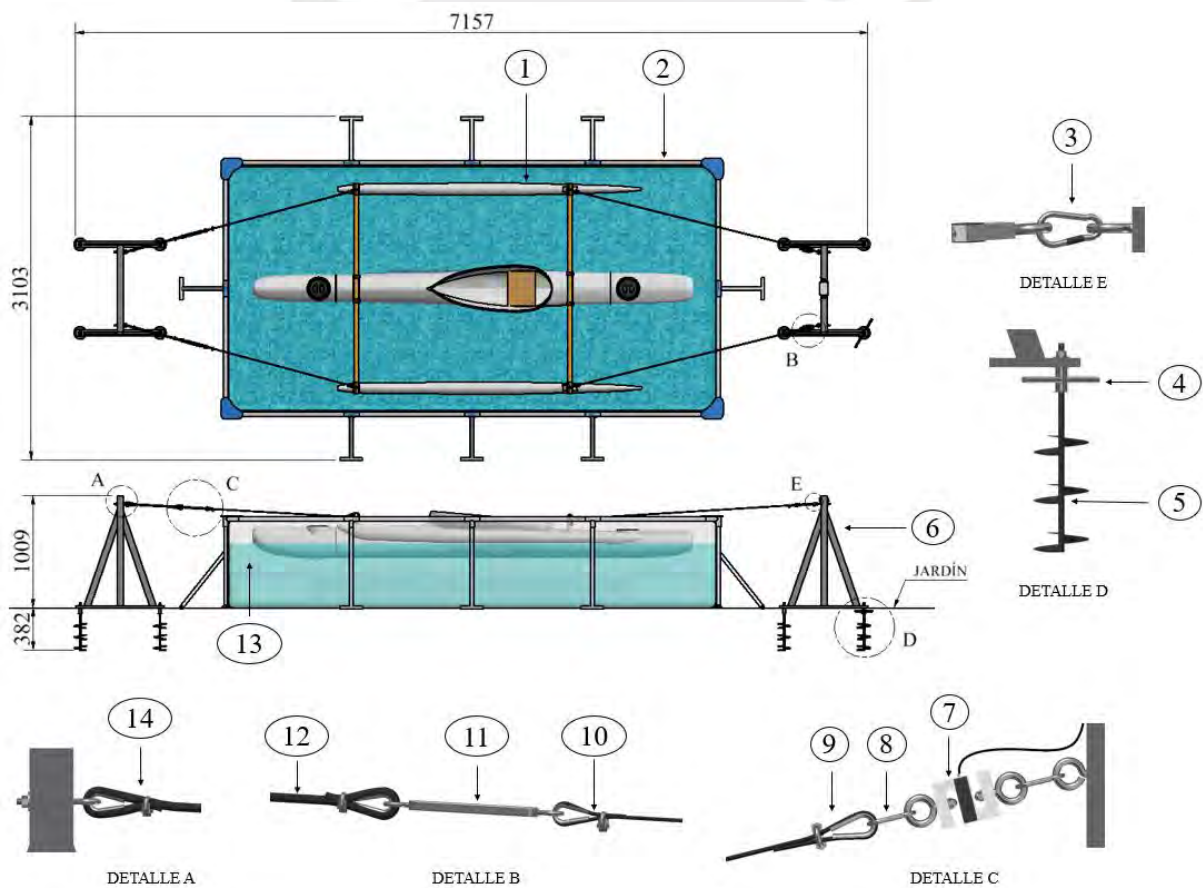


Figura 4.13: Sistema vaivén del simulador. Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la fuerza de remado

El cálculo de la fuerza de remado es importante para determinar la sección de los listones de madera para el diseño de los caballetes y del sensor de fuerza en el subcapítulo 4.3.1. En los anexos sección B.5, se explica la prueba experimental que se realizó para determinar la fuerza de remado máxima, 294.3 N (30 kg-f).

Cálculo de los caballetes para el sistema vaivén

El análisis del DCL de las fuerzas actuantes sobre el sistema vaivén y la simulación computacional que determinan el diseño de los caballetes se encuentra en los anexos, sección B.5. Se determina que la fuerza de tracción de cada cable sobre el caballete es de 298.5 N (30.43 kg-f).

4.3 Accesorios del simulador de *Va'a*

En la presente sección, se describen los 3 accesorios que forman parte del registro de datos del simulador. Por un lado, se proponen 2 consolas electrónicas: una que permite medir indirectamente la fuerza de remado a partir de la lectura de la tensión en las cuerdas y una que mide el alcance de palada. En primer lugar, se detallan los diagramas de flujo y su comunicación con el programa principal o el aplicativo de escritorio. En segundo lugar, se indican los requerimientos electrónicos y posteriormente se seleccionan los componentes pertinentes. El código de programación de cada accesorio se encuentra en la sección C.6 en los anexos. Por otro lado, el tercer accesorio es el sistema de cámaras, el cual permite obtener la geometría de la técnica de los atletas en un análisis posterior al entrenamiento. En primer lugar, se seleccionan las cámaras a utilizar y en segundo lugar se calcula su posicionamiento en el simulador. Finalmente, se muestra el diseño del soporte de las cámaras.

4.3.1 Accesorio medidor de fuerza de remado

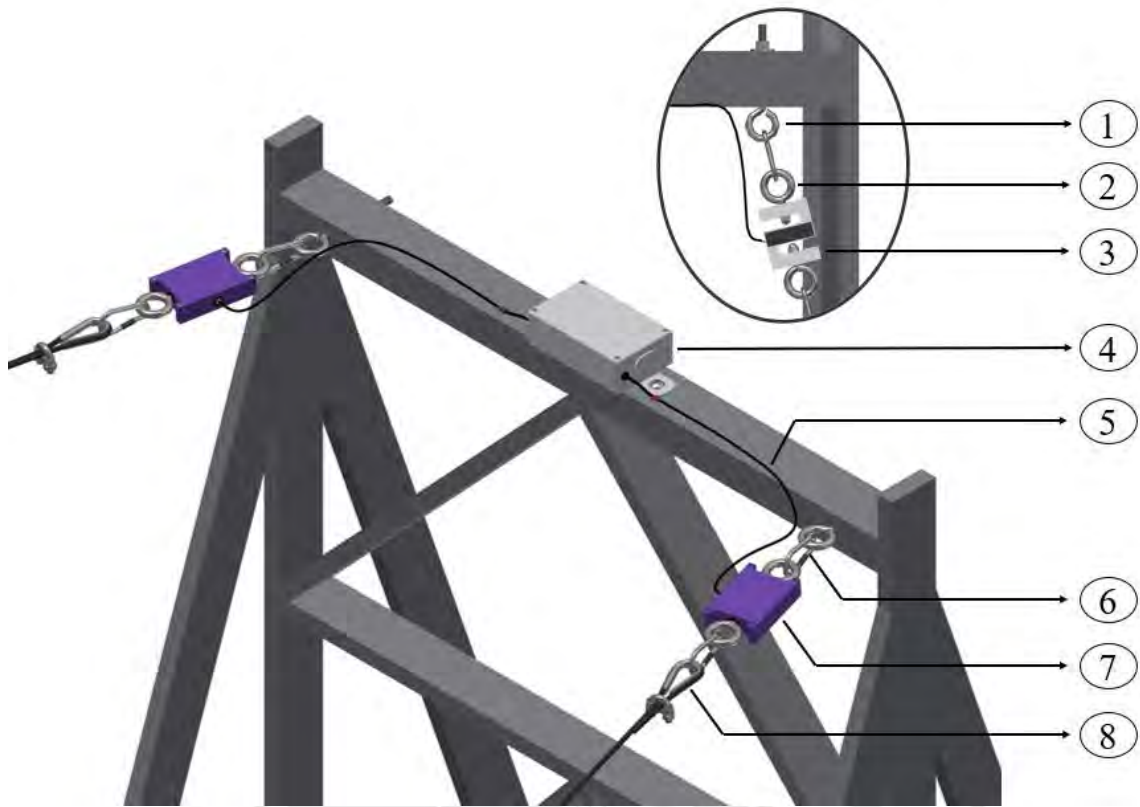


Figura 4.14: El accesorio medidor de fuerza ensamblado en el caballete. Fuente: Elaboración propia.

En el experimento expuesto en la sección B.5 en los anexos, se observó que una balanza de peso comercial podía mostrar el valor de la fuerza al remar. Sin embargo, no era posible guardar automáticamente los valores que eran registrados. Por ello, se diseña este accesorio, cuyo objetivo es obtener la fuerza de tracción de las cuerdas que se produce durante cada ciclo de palada y enviar esta información al aplicativo de escritorio mediante una comunicación inalámbrica. El aplicativo de escritorio, el cual se explica la sección posterior, es el que, entre otras funciones, procesa, calcula y grafica la fuerza de remado aproximada (similar a la de la figura 2.6) a partir de los datos enviados por las 2 celdas de carga (tracción en las cuerdas). En la figura 4.14, se muestran sus principales componentes. El sistema utiliza un par de celdas de carga tipo “S” o a tracción (3) recubiertas con carcasas de plástico PLA (7) que permiten proteger al dispositivo del polvo y

salpicaduras de agua (protección IP54). Asimismo, antes de cada entrenamiento, se recubre la carcasa con plástico *film* (termosellado), para proteger al dispositivo contra accidentes como caídas dentro de la piscina (sumergimiento repentino) o chorros de agua. Esto también aplica, para la consola electrónica (4) y los puntos de conexión entre los cables JST (5). La celda de carga (3) tiene ensamblada 2 armellas con cuerda en sus extremos (2). En la parte posterior, se sujeta mediante ganchos (6) a las armellas con cuerda del listón horizontal (1). En su otro extremo, se sujeta a los cables de acero recubierto (8). La consola electrónica (4) se posiciona en el medio y se ensambla con pernos y tuercas mariposa. Las celdas de carga envían los datos al conectarse los cables JST hembra (5) a los cables JST macho de la consola. La conexión externa de ambos dispositivos permite cargar el dispositivo sin necesidad de desensamblar las ligas y los sensores.

4.3.1.1 Sistema mecánico

El proceso de selección de sensores de fuerza se encuentra en la sección C.1 en los anexos, en el cual se determinó que era conveniente utilizar celdas de carga debido a su disponibilidad en el mercado local, precio, y accesibilidad en recursos de software y electrónica para su implementación. Las celdas de carga provienen de diversos productores y además poseen una capacidad de carga desde 9.81 N (1 kg-f) hasta más de 9810 N (1 T-f) de capacidad. En los anexos B.5, se calculó que la fuerza de tracción de cada cable sobre el caballete es de 298.5 N (30.43 kg-f), considerando una pretensión de 150 N (15 kg-f). Por lo tanto, sería suficiente utilizar 2 celdas de carga con una capacidad de 392.4 N (40 kg-f). Sin embargo, se seleccionan celdas de carga de 490.5 N (50 kg-f) de capacidad, debido a que es más comercial y estándar, en el mercado peruano y en los mercados internacionales (mayor información en la sección C.1 en los anexos).

4.3.1.2 Sistema de software y electrónico

Diagrama de flujo del sistema

El diseño de software del simulador presenta 1 programa maestro o principal (aplicativo de escritorio) y 2 subprogramas esclavos. En la presente sección, se explica el diagrama de flujo del subprograma esclavo que pertenece a la consola de medición de fuerza (ver figura 4.15). En la sección C.6 en los anexos, se encuentra el código de programación correspondiente. En primer lugar, el sistema revisa el nivel de carga de la batería. Si el voltaje leído por el microcontrolador es mayor a 3 V entonces se enciende el sistema, en caso contrario se enciende el led rojo por unos segundos y luego se apaga completamente. La señal de carga de la batería está filtrada físicamente por una resistencia de 10 k Ω y un capacitor cerámico de 100 nF. En segundo lugar, se configura el *timer* y la conexión *Bluetooth*. En tercer lugar, se espera la señal de emparejamiento que se envía desde la interfaz de usuario (aplicativo de escritorio). Luego de emparejarse ambos sistemas, en cuarto lugar, se envía la señal de confirmación y se inicializa el *timer*. En quinto lugar, el subprograma lee, procesa y almacena los datos de las celdas de carga en una variable global, la cual se actualiza con cada lectura de los sensores. Por otra parte, el *timer* se encarga de revisar el buffer de la conexión serial con la interfaz de usuario cada 20 ms. Cada vez que lee el carácter '1' en el buffer, convierte la variable global almacenada a una cadena de bytes y la envía hacia el programa maestro. De esta forma, la información es enviada hacia la interfaz de usuario cada vez que el programa maestro lo solicite. Como se explicó anteriormente, es el programa maestro (aplicativo de escritorio), el cual procesará los datos recibidos de la lectura de ambas celdas de carga y mostrará la gráfica de fuerza en el tiempo. Los subprogramas esclavos envían directamente la información de los sensores al aplicativo de escritorio.

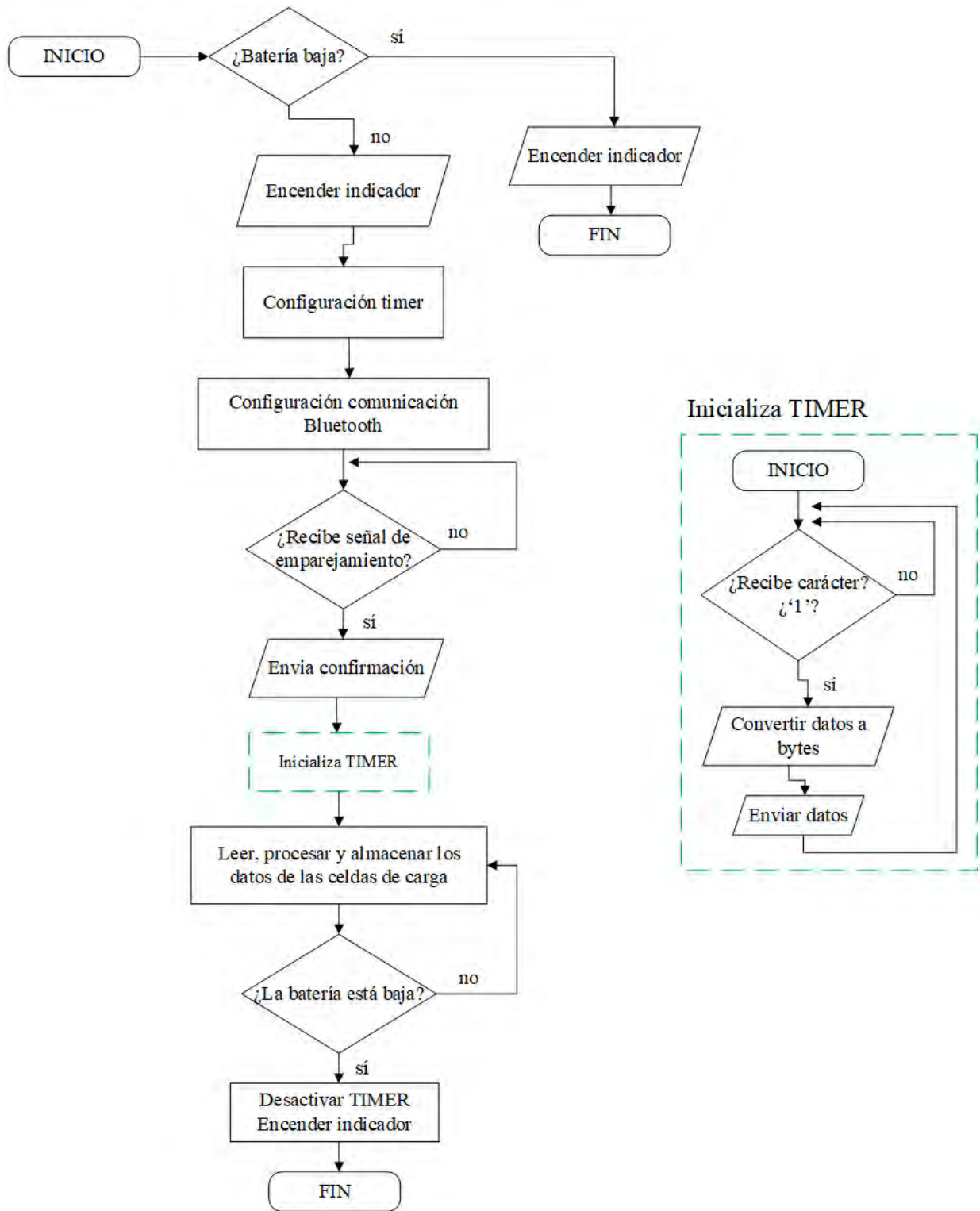


Figura 4.15: Diagrama de flujo del accesorio de medición de fuerza. Fuente: Elaboración propia.

Requerimientos electrónicos

Luego del estudio del diagrama de flujo anterior, se proponen las funciones electrónicas necesarias para determinar los componentes electrónicos del sistema (ver figura 4.16). Además, se muestra, la interacción con el sistema mecánico (celdas de carga) y la interfaz de usuario.

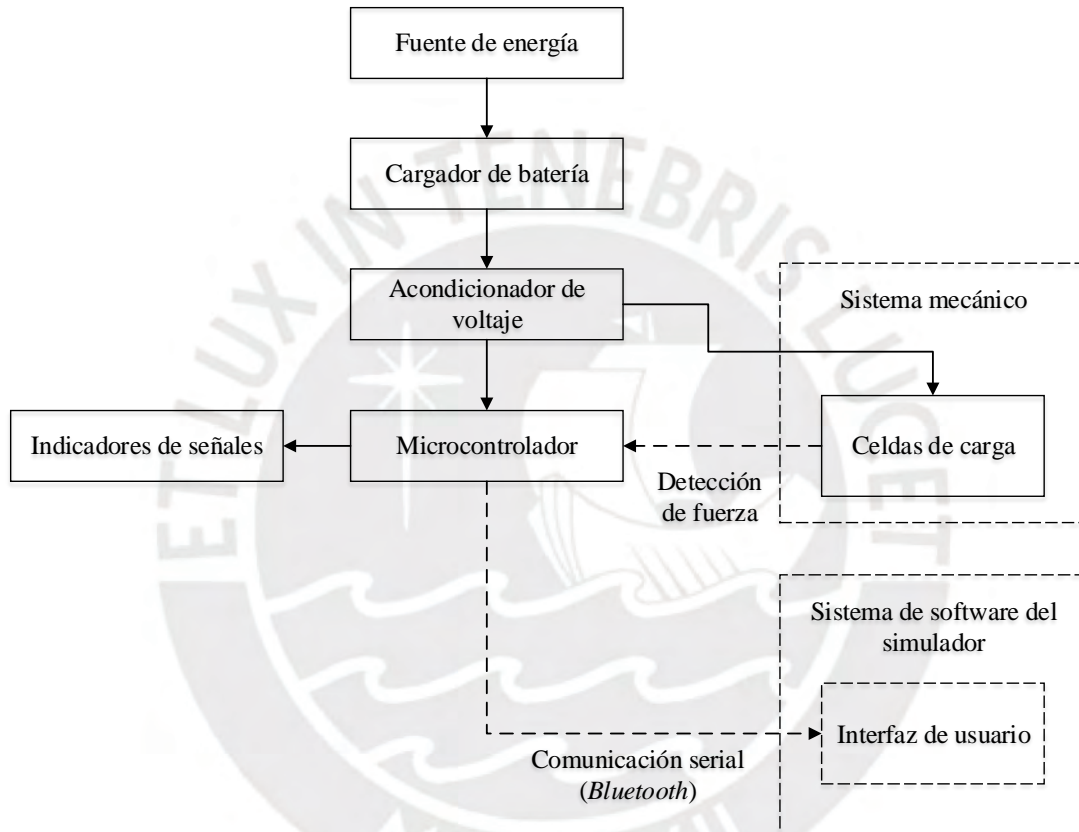


Figura 4.16: Requerimientos electrónicos del accesorio medidor de fuerza. Fuente: Elaboración propia.

Selección del microcontrolador

En la sección C.2 en los anexos, se realiza la selección del microcontrolador a utilizar en los accesorios. Luego de la búsqueda inicial de microcontroladores y módulos de comunicación inalámbrica se determinó que es más conveniente el uso de microcontroladores con *Bluetooth* integrado. Esto con el objetivo de reducir el espacio de la consola y el costo de implementación. Se selecciona el microcontrolador ESP32 NodeMcu-32 debido a su accesibilidad en mercado

peruano, software libre y librerías para su implementación, tamaño y bajo costo. Además, su protocolo *Bluetooth* es superior al resto de componentes (V4.2), posee una velocidad de reloj (80 a 240 MHz) suficiente para realizar el procesamiento y su voltaje de entrada es de 5 V, lo que permite utilizar un solo elevador de voltaje para alimentar al microcontrolador y a los sensores.

Selección del convertidor ADC

El microcontrolador necesita de un convertidor ADC (analógico a digital) para poder leer e interpretar las señales de esfuerzo (analógicas) enviadas por la celda de carga. En la sección C.3 de los anexos, se selecciona el convertidor ADC HX711, el cual posee una precisión de 24 bits, y debido a que está diseñado exclusivamente para celdas de carga, también incluye los capacitores y resistencias necesarios que permiten filtrar y amplificar las señales leídas.

Cálculo y selección de la batería

En la sección C.4 de los anexos, se realiza el cálculo del consumo de energía de los componentes del accesorio medidor de fuerza de remado considerando el balance de potencias, y la eficiencia del elevador de voltaje y cargador de baterías J5019. Luego de los cálculos, se selecciona una batería de litio comercial de 3.7 V con una capacidad de 2200 mAh.

Diagrama de bloques con los componentes seleccionados

Finalmente, después de la búsqueda y selección de los componentes electrónicos, se obtiene el diagrama de bloques con los componentes finales, en el cual también se indica la distribución de voltajes (ver figura 4.17). El diagrama esquemático se encuentra en los anexos I.

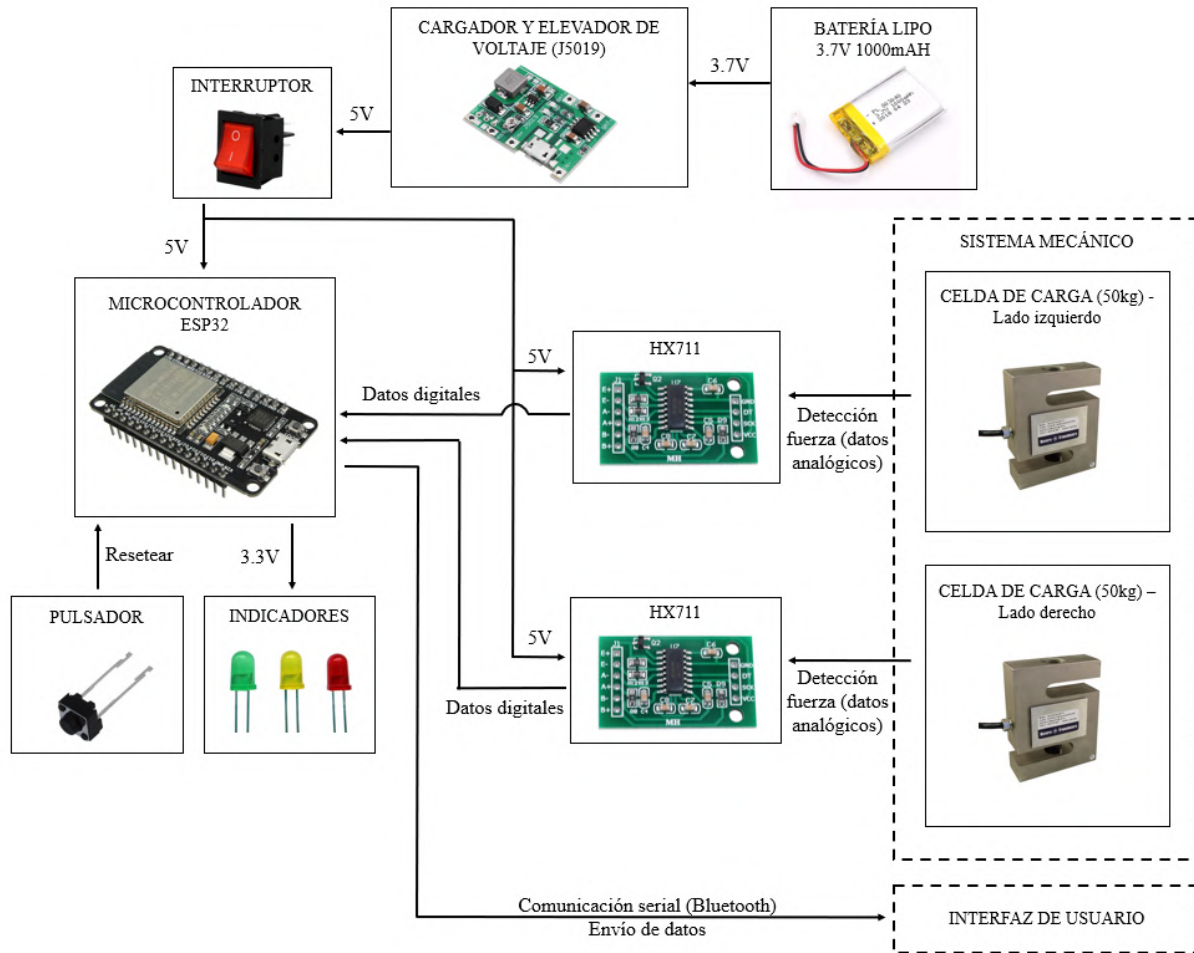


Figura 4.17: Diagrama de bloques y los componentes electrónicos seleccionados del accesorio medidor de fuerza. Fuente: Elaboración propia.

Tarjeta electrónica del accesorio medidor de fuerza

La figura 4.18 muestra el diseño de la tarjeta electrónica del accesorio medidor de fuerza realizado en el software EAGLE de Autodesk. Se consideraron 2 capas para el ruteado de las pistas. Las borneas, los conectores JST, las resistencias y los pines hembra se sueldan a la tarjeta. Los componentes electrónicos como el microcontrolador ESP32, las 2 tarjetas HX711 y el cargador de baterías J5019 se insertan en los pines hembra. Esto facilita su mantenimiento y reemplazo en caso de deterioro.

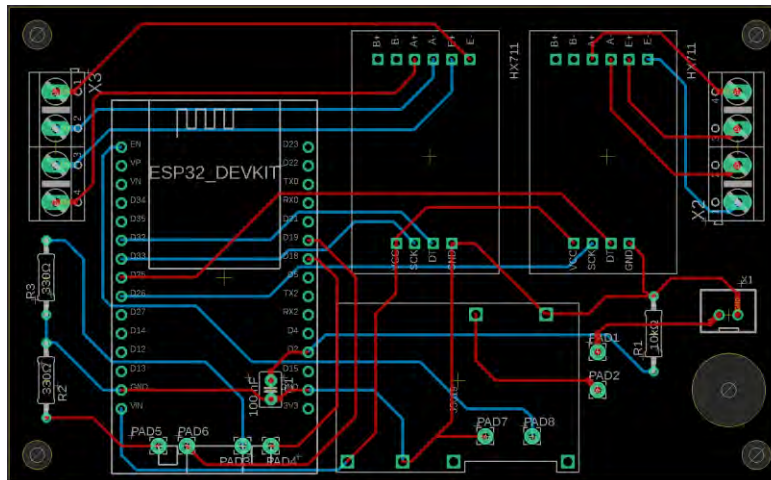


Figura 4.18: Tarjeta PCB del accesorio medidor de fuerza. Fuente: Elaboración propia.

Consola de medición de fuerza de remado

En la figura 4.19, se muestra el diseño final de la consola de medición de la fuerza de remado. Las carcasas de la consola están elaboradas mediante impresión 3D en material de plástico PLA. La carcasa inferior (2) permite almacenar los componentes electrónicos y la carcasa superior (1) encierra toda la electrónica al entornillar los pernos M3 (15). Ambas carcasas protegen al dispositivo con una protección IP54 (polvo y salpicaduras). Los tapones impresos con plástico flexible TPU 95A (6) y (17) cubren los puertos de las entradas micro USB y los espacios vacíos del agujero que permite el paso de los cables, respectivamente. Asimismo, como se señaló al inicio de la sección, se recubre la consola con plástico *film* (termosellado) como prevención adicional. La batería de litio (9) se coloca sobre la base de la carcasa inferior (2). La tarjeta electrónica (16) se ensambla mediante 4 pernos M3 (12) y tuercas (14) a los separadores electrónicos (13). Los separadores (13) permiten que la soldadura de la tarjeta (16) no tenga contacto con la batería (9). En la vista frontal, se visualiza el interruptor (11) que permite encender y apagar el dispositivo. Asimismo, se observa el botón para resetear (10) el sistema y 2 agujeros para las entradas micro USB, una entrada para programar la tarjeta electrónica (3) y otra para la carga del dispositivo (4). El led indicador de color verde (8) se activa al encenderse el dispositivo y el de color rojo (7) se

activa cuando la batería está baja (debajo de 3V). El microcontrolador ESP32 (21), las 2 tarjetas HX711 (20), el cargador de baterías y elevador de voltaje J5019 (19) se insertan en los pines hembras de la tarjeta electrónica. Los cables externos JST (5) pasan por los agujeros laterales de la carcasa inferior (2) y se fijan cada uno de sus cables a las borneras (22). La batería (9) alimenta al sistema al conectarse su cable JST (18) en la tarjeta (16) como se indica. Las 2 “eles” (23), impresas en impresión 3D con plástico PLA, se adhieren a los costados de la carcasa inferior (2). Esto permite atornillar la consola posteriormente en los caballetes con pernos y tuercas.

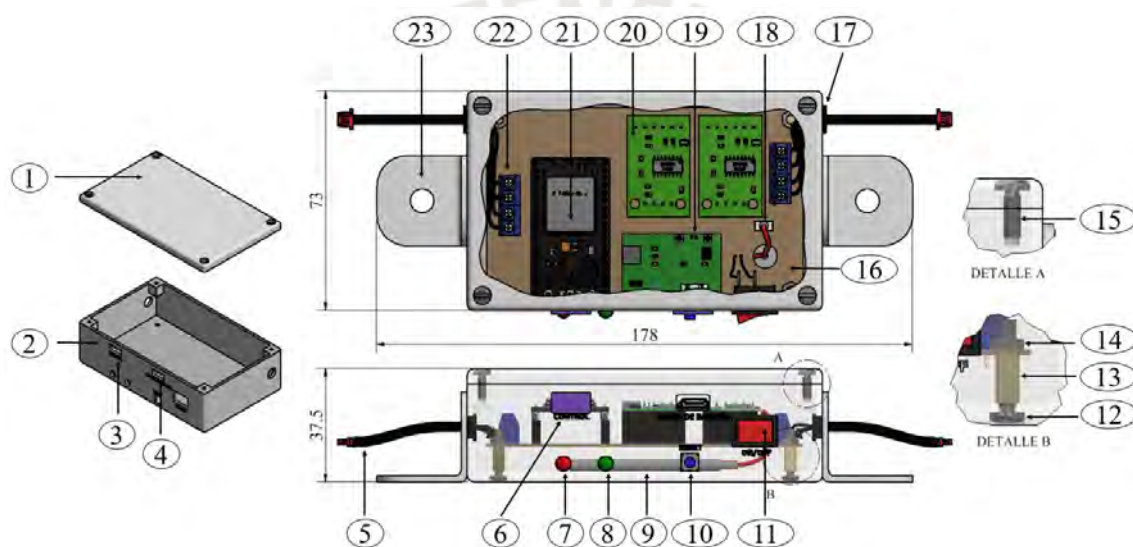


Figura 4.19: Consola de medición de fuerza de remado. Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Accesorio medidor del alcance de remado

El accesorio propuesto permite registrar el alcance de la palada (ver figura 4.20) y enviar estos datos al aplicativo de escritorio. De la misma forma que en el accesorio anterior, es en el software del aplicativo de escritorio, en el cual se procesa la información. El procesamiento de los datos permite obtener y visualizar los valores aproximados de distancia recorrida, velocidad, aceleración, número de paladas por minuto y se pueden caracterizar las paladas (lado izquierdo y derecho). El accesorio cuenta con dos partes principales: la consola principal (3) y las 2 carcasas que contienen a los sensores de proximidad (2). Las carcasas permiten proteger la electrónica con

una protección IP54 y al igual que en el accesorio anterior, se recubren con plástico *film* (termosellado) como prevención adicional. Los sensores envían los datos al conectarse los cables JST hembra (1) a los cables JST macho de la consola. La carcasa electrónica y los sensores se ensamblan sobre el iako de bambú de la proa mediante amarres con caucho (4).

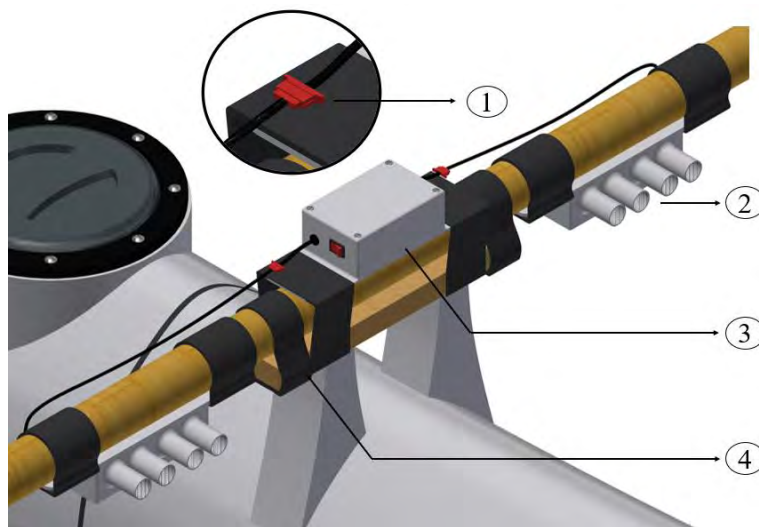


Figura 4.20: Diseño y ensamblaje del accesorio que mide el alcance de remado. Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.1 Sistema de software y electrónico

Diagrama de flujo

En esta sección se explica el diagrama de flujo del segundo subprograma que corresponde al accesorio medidor del alcance de remado (ver figura 4.21). En primer lugar, se revisa el nivel de carga de la batería. Si el voltaje leído (filtrado por una resistencia de $10\text{ k}\Omega$ y un capacitor cerámico de 100 nF) por el microcontrolador es mayor a 3V , entonces se enciende el sistema y se activa el led de color verde, en caso contrario se apaga y se activa el led de color rojo. En segundo lugar, se configura el *timer* y la comunicación *Bluetooth*. En tercer lugar, se espera la señal de emparejamiento de la interfaz de usuario. En cuarto lugar, después de emparejarse el sistema y de confirmarse la conexión, se inicializa el *timer*. En quinto lugar, el sistema lee, procesa y almacena los datos de las celdas de carga en una variable global, la cual se actualiza con cada lectura de los

sensores. Por otra parte, el *timer* revisa el buffer de la comunicación serial cada 20ms. Si lee el carácter '1' en el buffer entonces convierte la variable global a una cadena de bytes y envía esta información hacia la interfaz de usuario (el programa maestro recibe la información de los sensores cada vez que lo solicita). El código de programación se encuentra en la sección C.6 en los anexos.

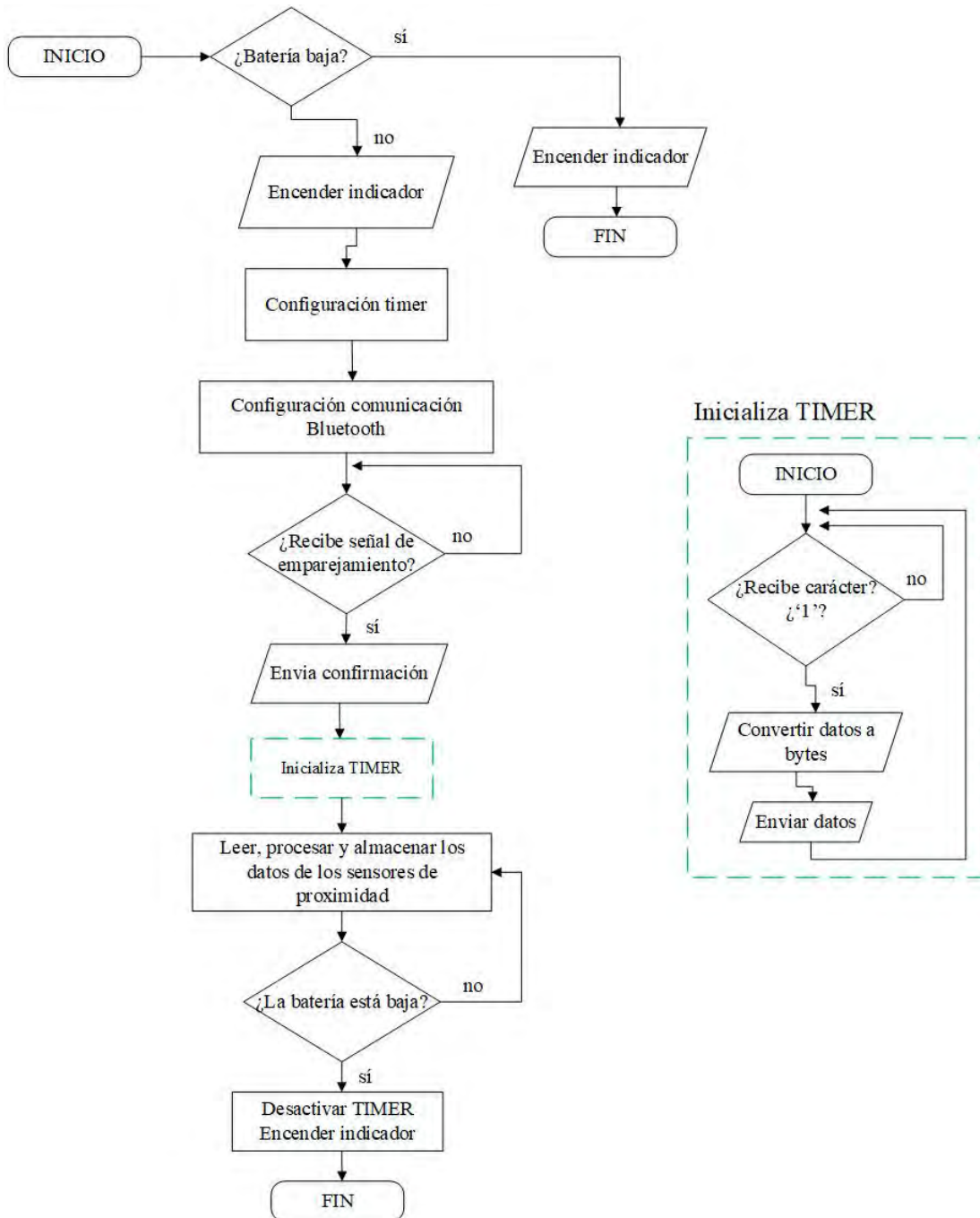


Figura 4.21:Diagrama de flujo del accesorio medidor del alcance de remado. Fuente: Elaboración propia.

Requerimientos electrónicos

Luego del estudio del diagrama de flujo anterior, se proponen las funciones electrónicas necesarias para seleccionar los componentes electrónicos (ver figura 4.22).

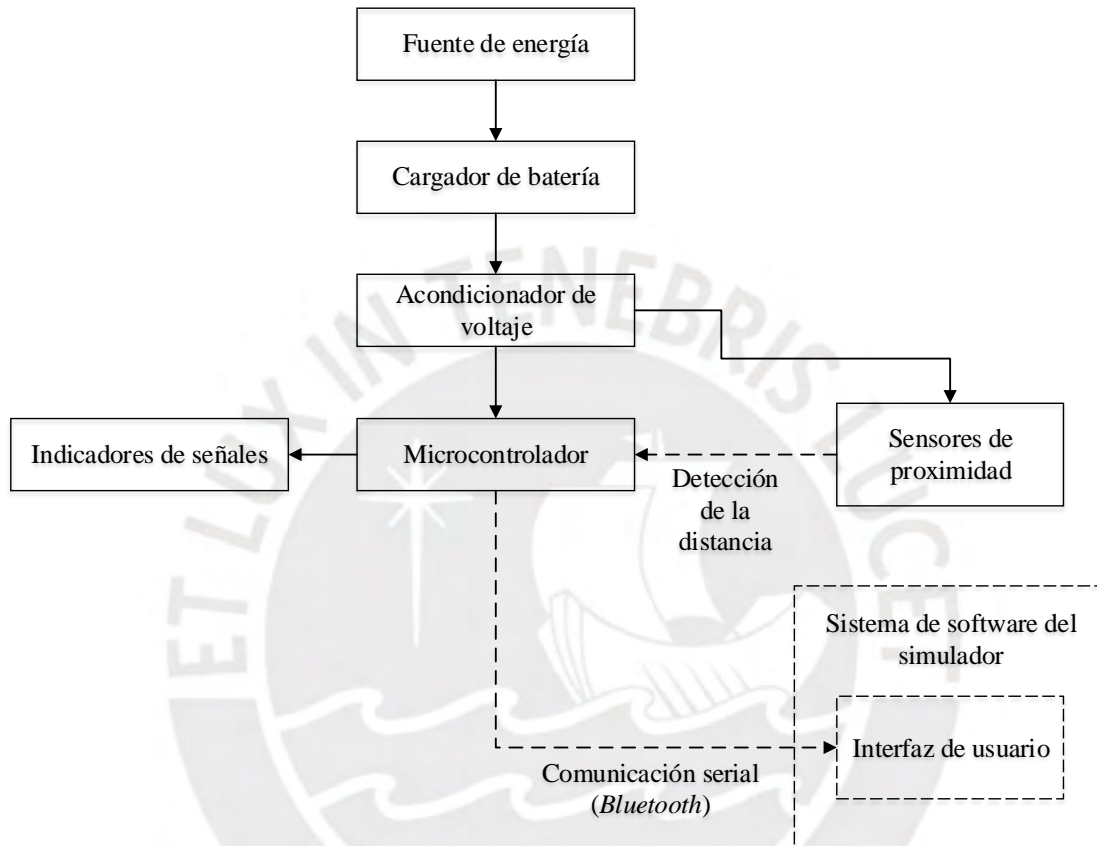


Figura 4.22: Requerimientos electrónicos del accesorio de medición del alcance de palada. Fuente: Elaboración propia.

Selección del microcontrolador y sensor de proximidad

El microcontrolador que se selecciona es el ESP32 NodeMcu-32, debido a las ventajas mencionadas anteriormente. Por otro lado, el estudio de los requerimientos electrónicos del sistema muestra que es necesario seleccionar un sensor capaz de medir la distancia de remado. En los anexos C.5, se determinan los rangos de operación en los que trabajara el sensor y se selecciona el sensor de proximidad HC-SR04, el cual cumple con los rangos de operación, posee una precisión de 3 mm y es de bajo costo.

Cálculo y selección de la batería

En la sección C.4 de los anexos, se realiza el cálculo del consumo de energía de los componentes del accesorio medidor del alcance de remado considerando el balance de potencias, y la eficiencia del elevador de voltaje y cargador de baterías J5019. Luego de realizar los cálculos, se selecciona una batería de litio comercial de 3.7 V con una capacidad de 2200 mAh.

Diagrama de bloques de los componentes

Después de la búsqueda y selección de los componentes electrónicos, se obtiene el diagrama de bloques con los dispositivos electrónicos finales, en el cual también se indica la distribución de voltajes (ver figura 4.17). El diagrama esquemático se encuentra en los anexos I.

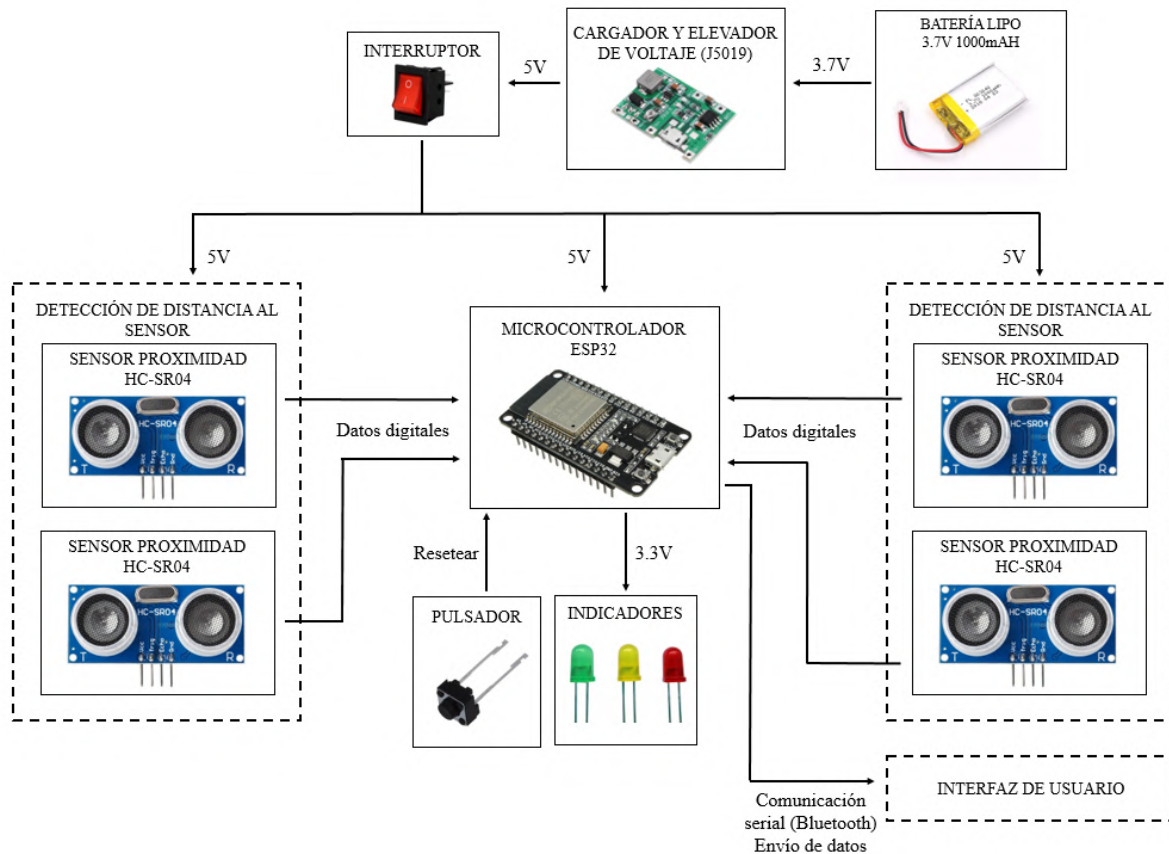


Figura 4.23: Diagrama de bloques con los dispositivos electrónicos finales. Fuente: Elaboración propia.

Tarjeta PCB

La figura 4.24 muestra el diseño de la tarjeta electrónica del accesorio medidor del alcance de remado realizado en el software EAGLE de Autodesk. De forma similar a la tarjeta electrónica antes diseñada, se consideraron 2 capas para el ruteado de las pistas. Asimismo, las borneas, los conectores JST, las resistencias y los pines hembra se sueldan a la tarjeta.

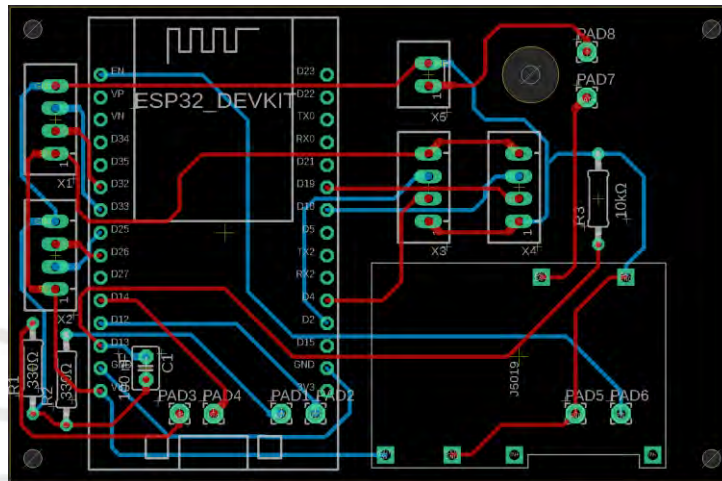


Figura 4.24: Tarjeta PCB del accesorio medidor del alcance de remado. Fuente: Elaboración propia.

Accesorio de proximidad final

La figura 4.25 muestra el diseño final de la consola del accesorio de medición del alcance de remado. La carcasa superior (1) e inferior (2) están elaboradas con plástico PETG mediante impresión 3D. La carcasa inferior (2) contiene a la placa electrónica (16) y sus componentes. Por su parte, la carcasa superior (1) cierra el dispositivo para protegerlo del polvo y salpicones (protección IP54). Ambas carcasas se fijan mediante uniones atornilladas con pernos M3 (13). Los tapones impresos con plástico flexible TPU 95A (9) y (21) cubren los puertos de las entradas micro USB y los espacios vacíos del agujero que permite el paso de los cables, respectivamente. La batería de litio (8) se coloca sobre la superficie interna de la carcasa inferior (2). Se energiza el sistema cuando se conecta el cable JST (17) a la entrada hembra de la placa electrónica. La placa

se fija por medio de 4 pernos M3 (10) y tuercas (12) a los separadores (11). Los separadores (11) permiten que la soldadura de la placa electrónica (16) no tenga contacto con la carcasa inferior (2). En la vista frontal se observan los leds indicadores de color rojo (5) y verde (6) que permiten visualizar cuando la carga de la batería es insuficiente y cuando el sistema está encendido, respectivamente. Asimismo, se muestra el botón de reseteo (7) y 2 entradas micro USB, 1 para programación (3) y 1 para la carga del dispositivo (4). El microcontrolador ESP32 (18) y el cargador de baterías J5019 (14) se insertan en los pines hembra de la tarjeta (16). Los cables JST macho en un extremo se insertan en la placa electrónica (19) y del otro lado permiten conectarse con los cables JST hembra que corresponden a los sensores de proximidad (22).

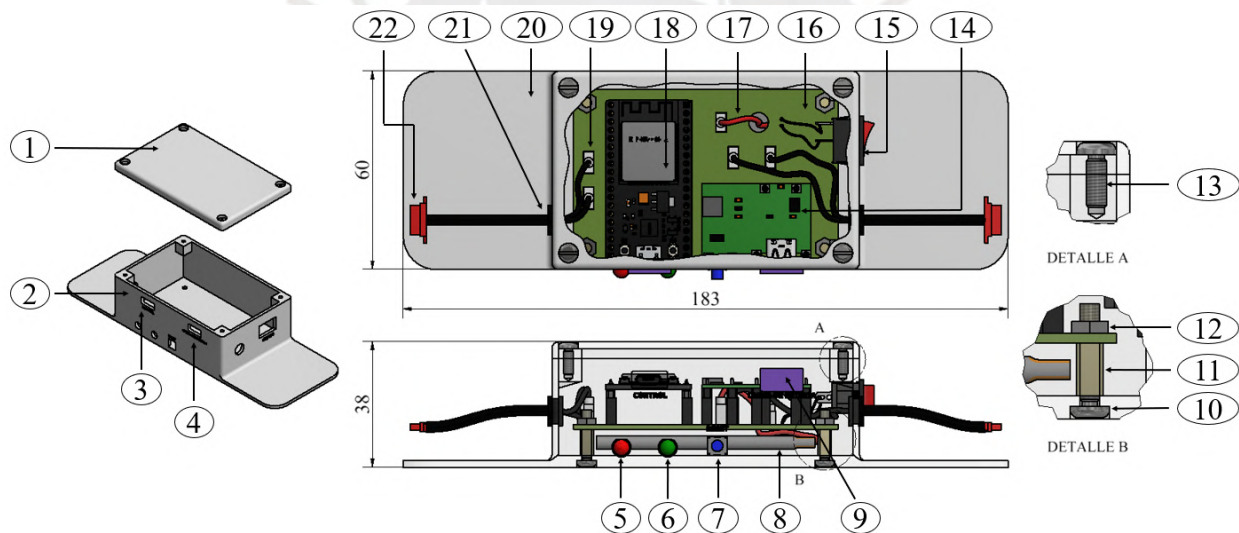


Figura 4.25: Consola del accesorio medidor del alcance de remado. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.26, se muestra la carcasa, en la cual se ensamblan los sensores de ultrasonido HC-SR04 (4). La vista superior permite observar el detalle de la conexión de los cables de los sensores (8) y el cable JST hembra (7) que se conectará con la consola para el envío de los datos. La carcasa superior (1) e inferior (2) se imprimen con plástico PETG y se ensamblan mediante pernos M3 (6). Las carcasas proporcionan una protección IP45 a la electrónica. Asimismo, se

colocan los tapones de plástico flexible TPU 95 (3) y, para una mayor protección, se recubre toda la carcasa con plástico *film* (termoformado) sin recubrir las rejillas (5), puesto que por ahí el sensor realiza la lectura del alcance de remado. La técnica que se realiza en el canotaje polinésico no produce salpicones significativos de agua hacia la proa de la canoa, sino hacia los costados o hacia la popa. La forma tubular saliente de la carcasa y las rejillas externas (5) dificultan que los posibles salpicones de agua ingresen al sensor. Esta forma geométrica no interfiere en las mediciones.

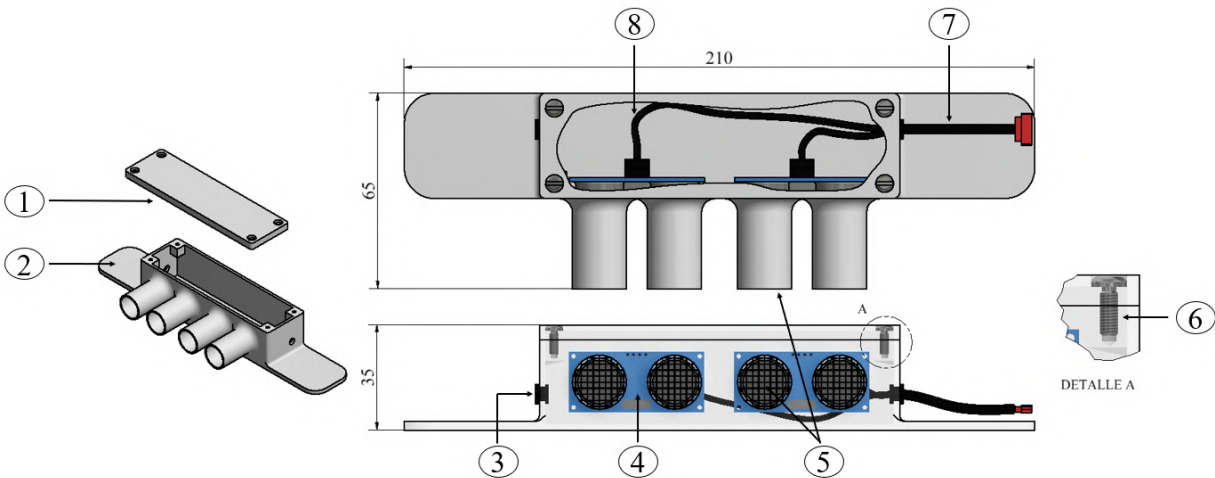


Figura 4.26: Carcasa y sensores de proximidad. Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Sistema de cámaras

En el estudio del estado del arte, se evidenció el uso de sistemas de cámaras para la obtención de parámetros cinemáticos y geométricos de la técnica de remado. En el simulador, se registran los ángulos de la técnica de los atletas por medio de 3 cámaras acuáticas digitales (ver figura 4.27). Se ensamblan 2 cámaras, sobre los soportes ubicados en cada ama del sistema de flotación y la tercera cámara se ubica sobre el iako de la proa, las cuales se colocan sobre el ama para evitar el movimiento relativo entre el sistema de referencia del lente de la cámara y el movimiento de la cabina de la canoa. La combinación de las vistas sagitales y frontal permiten obtener los puntos de los centros articulares en el espacio. A partir de ello, es posible calcular los ángulos de ejecución

de la técnica de remado polinésico. En la presente tesis, como se mencionó en los alcances, no se desarrolla el algoritmo del procesamiento de los videos de las cámaras en un modelo tridimensional.

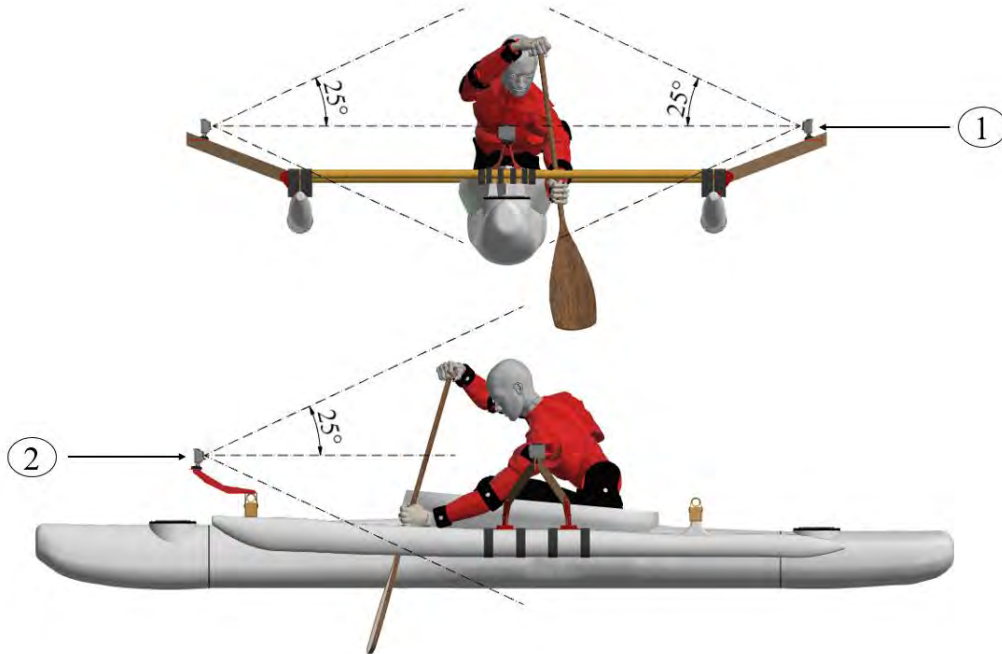


Figura 4.27: Diseño en Autodesk Inventor del ensamble del sistema de cámaras en el simulador. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.28, se muestra el soporte frontal (a) y el soporte lateral (b). El soporte frontal está elaborado en impresión 3D de plástico PETG (2). La base superior presenta el mismo soporte de la cámara GOPRO, el cual permite que la cámara pueda insertarse fácilmente. En la sección C.7 en los anexos, se muestran más imágenes y detalles del ensamble. Por otro lado, los soportes laterales están compuestos por 3 piezas de plástico PETG impresas (3), (5) y (6), y los soportes diagonales de MDF de 5 mm. Las planchas diagonales se encuentran ensambladas por medio de uniones atornilladas a los soportes (5). Los soportes (5) se insertan a la base (6) en un sistema similar al del ensamble de las cámaras acuáticas.

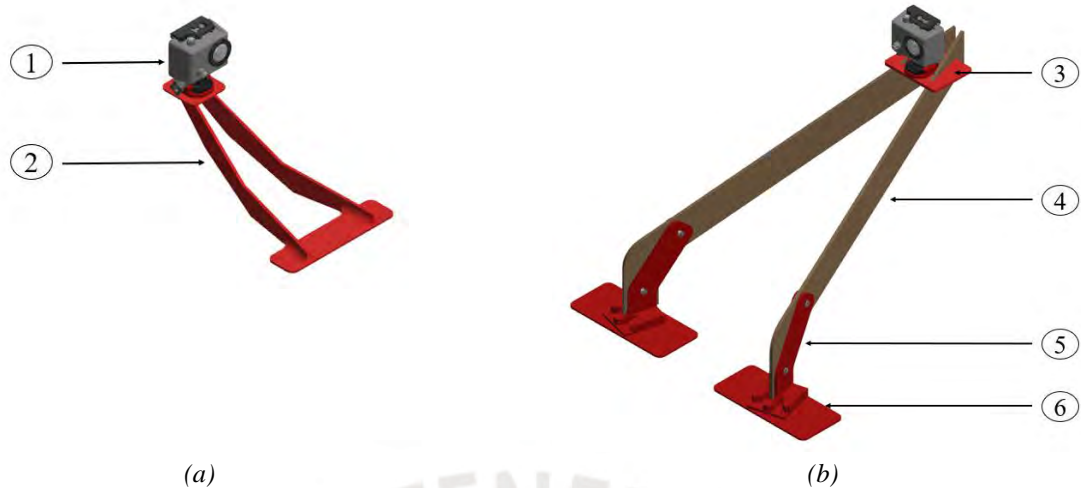


Figura 4.28: (a) Soporte cámara frontal y (b) Soporte cámaras laterales. Fuente: Elaboración propia.

Selección de las cámaras

El avance tecnológico actual permite que las cámaras, incluso de teléfonos celulares, alcancen una velocidad de muestreo alta (30fps – 60fps) a una resolución de video de 1080p, la cual permite registrar los movimientos corporales del cuerpo humano. Se seleccionan 3 cámaras acuáticas *GoPro Silver HERO7*, mayor información en la sección C.7 en los anexos, pues son de uso recurrente entre los atletas de canotaje. Sin embargo, se reconoce que existen otras cámaras acuáticas de otras marcas con características similares que pueden adaptarse al diseño propuesto.

Cálculo de la distancia de trabajo de las cámaras

La ubicación, en la cual se posicionan las cámaras es importante para poder captar en el video la imagen completa del atleta y el remo durante el entrenamiento. Los cálculos para determinar la distancia de operación se encuentran en la sección C.7 en los anexos. El ángulo de visión para la cámara *GoPro Silver HERO7* es de aproximadamente 25° . En la figura 4.27, se observa que el posicionamiento de las cámaras permite obtener la imagen completa de un remador de 1.83m de altura.

Procesamiento de los videos

Como se mencionó en los alcances, la presente tesis no desarrolla el algoritmo para la obtención de los centros articulares en el espacio tridimensional a partir de la combinación de la información de las cámaras en los planos sagitales y frontal. Además, no se desarrolla un algoritmo automatizado que permita visualizar los ángulos de ejecución y los centros articulares en tiempo real. El método propuesto para el análisis de la información de las cámaras es procesar los videos, después del entrenamiento, mediante el software Kinovea y Matlab. Los centros articulares se proyectan al plano sagital y se realizan las correcciones que sean pertinentes por inspección visual. En la sección 4.5, se explica el análisis de la técnica de remado, con el método propuesto, en una prueba en aguas abiertas a remeros peruanos.

4.4 Diseño de software del simulador de *Va'a*

En la presente sección, se describe el diseño de software del simulador de *Va'a*. En primer lugar, se explica la arquitectura de software del programa de escritorio desarrollado en lenguaje C++. En segundo lugar, se muestra el diagrama de flujo principal del programa maestro. En tercer lugar, se explican los diagramas de flujo del procesamiento de las consolas de fuerza y de medición del alcance de remado. Finalmente, se describen las pestañas principales de la interfaz de usuario que permiten observar los datos registrados durante el entrenamiento y guardar esta información en un archivo de Excel. En los anexos D, se proporciona mayor información acerca del procesamiento de las consolas y de la interfaz gráfica.

4.4.1 Arquitectura de software

El programa presenta una arquitectura de software MVC (*Model, View, Controller*). Esto

debido a que permite desarrollar el código de forma ordenada, lo cual facilita su implementación. El lenguaje de programación que se utiliza es C++ en un estilo orientado a objetos. En la figura 4.29, se muestran las 3 clases del modelo con sus respectivos atributos. La clase “Entrenamiento” incluye como atributo a la clase “Usuario” y también a una lista de la clase “Sensores”. El programa cuenta con 3 gestores (“gestorUsuario”, “gestorSensores” y “gestorEntrenamiento”). Estos a su vez contienen diferentes funciones los cuales permiten la interacción entre la Vista y el Modelo. Asimismo, procesan y guardan la información de los sensores.

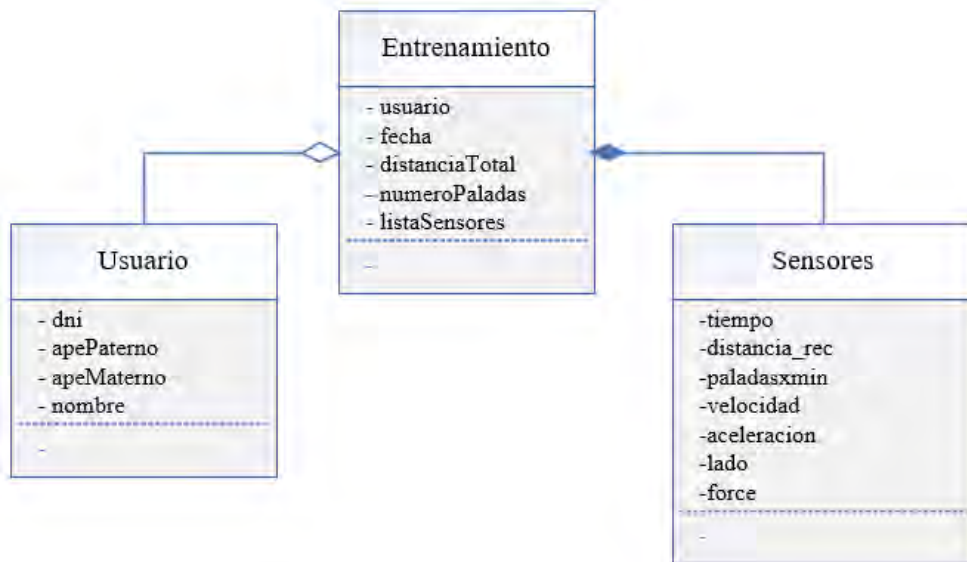


Figura 4.29: Interfaz de inicio del sistema. Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 Diagrama de flujo y pseudocódigo

En la figura 4.30 se muestra parte del diagrama de flujo del programa principal. En primer lugar, se ingresan los datos del usuario que realizará el entrenamiento. En la ventana “Nuevo entrenamiento” explicada en los anexos en la sección D.2, se muestra que el sistema solicita el ingreso de los datos de DNI del atleta para poder continuar con la configuración del entrenamiento. Si el atleta no se encuentra registrado, es necesario registrarlo (mayor información en el anexo

D.2). En segundo lugar, si los datos son correctos, se debe seleccionar los sensores que se utilizaran. Debido a que tanto el software como el hardware es propio e independiente en cada consola, es posible seleccionar si se utilizará, por ejemplo, solo el sensor de fuerza, el sensor medidor de alcance de palada o ambos. Cada caso presenta un procesamiento diferente, los cuales se desarrollan en 3 hilos de programación que son activados según se requiera. Finalmente, después de culminar cada proceso, es posible retornar para volver a configurar otro entrenamiento (con un nuevo usuario y/o seleccionar otro caso) o se puede salir completamente de la aplicación.

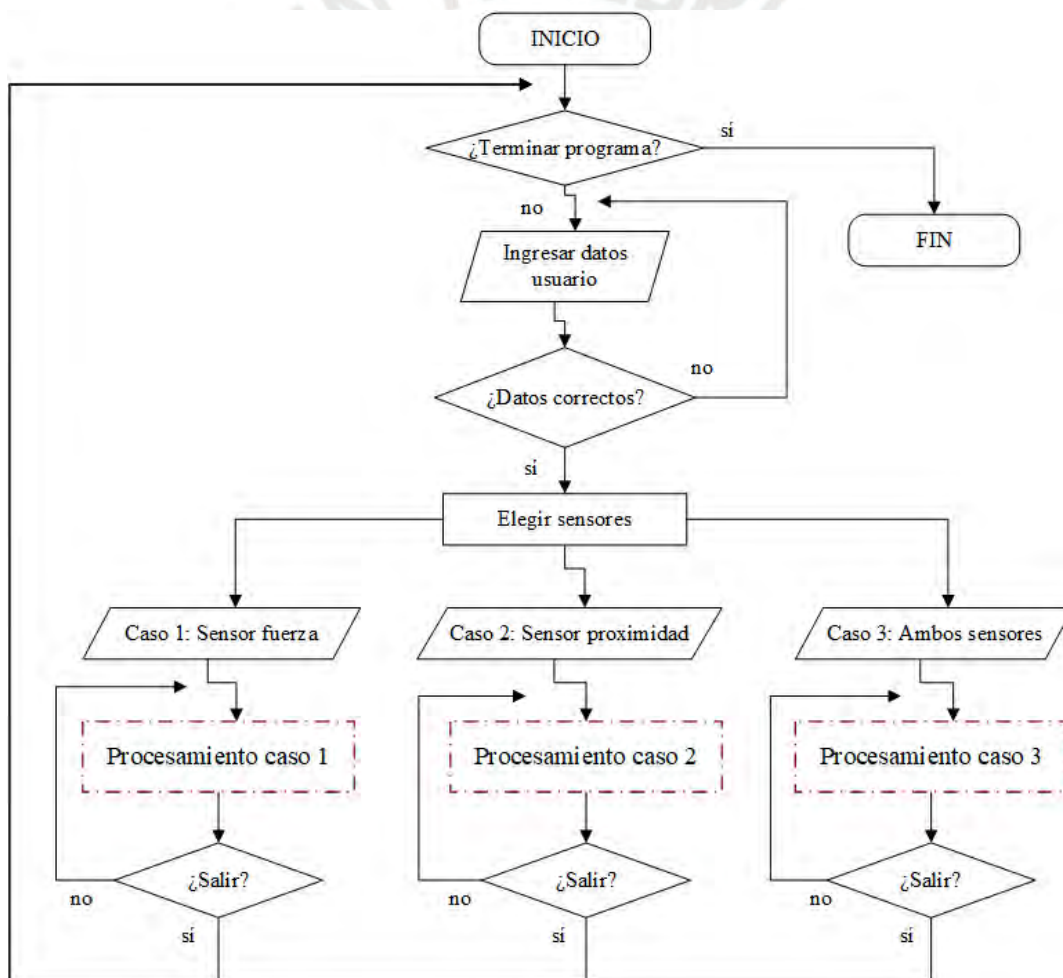


Figura 4.30: Diagrama de flujo simplificado del software del aplicativo. Fuente: Elaboración propia.

Procesamiento de los datos recibidos por la consola de fuerza

El diagrama de flujo del procesamiento de datos de la consola de fuerza o procesamiento del caso 1 se muestra en la figura 4.31.

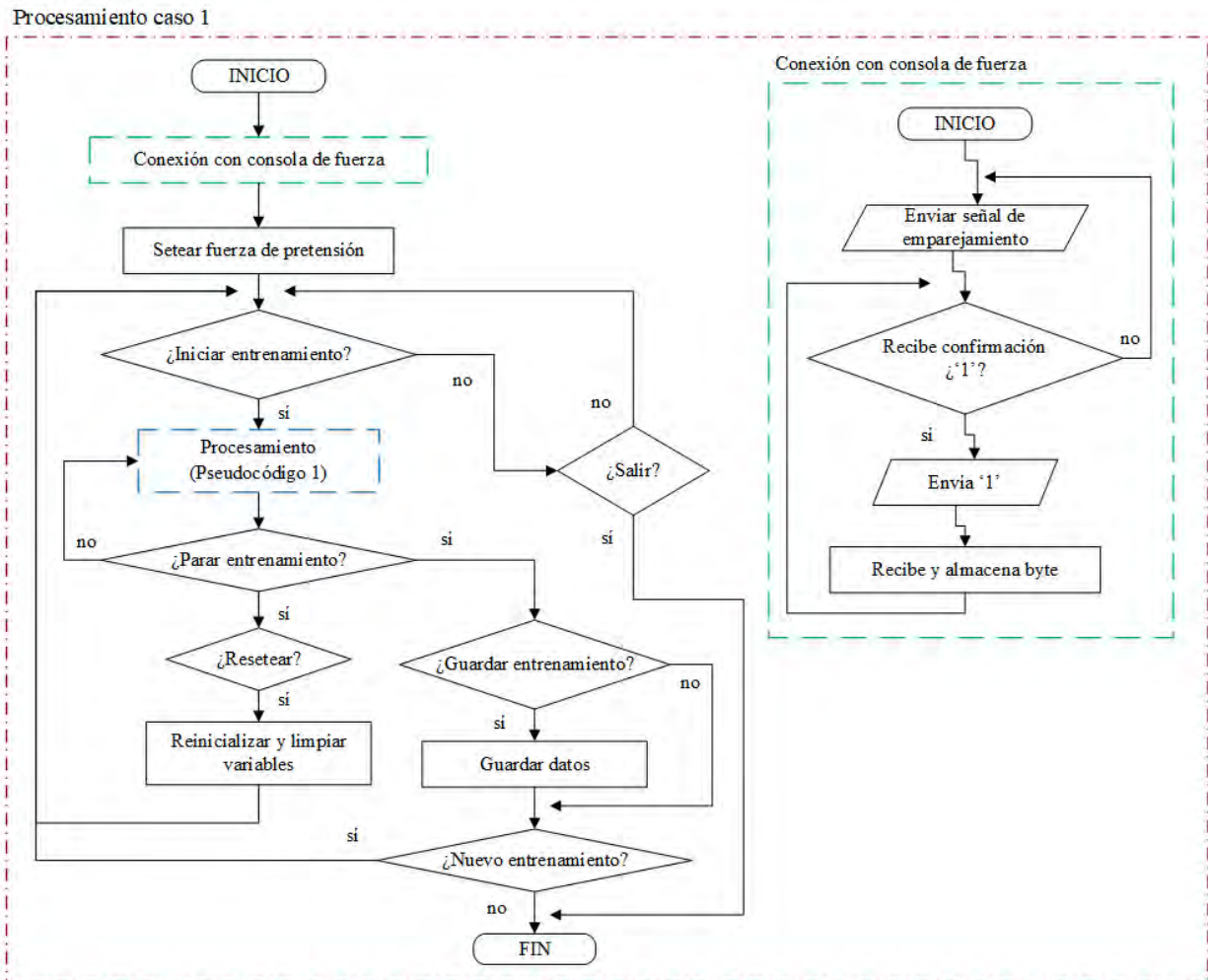


Figura 4.31: Diagrama de flujo del procesamiento del caso 1 (consola de fuerza). Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, se realiza la conexión con la consola de fuerza, la cual se detalla en el bloque verde de líneas discontinuas. El programa se conecta enviando la señal de emparejamiento al sistema y se confirma la conexión *Bluetooth* al recibir la señal de confirmación (esto se puede apreciar visualmente en la figura D.8 en los anexos). Luego, envía cíclicamente el carácter '1' (interrupción cada 60 ms) para recibir la cadena de bytes correspondientes a las 2 celdas de carga

y almacena, temporalmente, esta información en variables globales. En segundo, lugar se determina la fuerza de pretensión, la cual es la fuerza resultante que leen las celdas de carga producida, únicamente, por el ajuste de los templadores a las cuerdas elásticas del sistema vaivén; es decir, cuando aún no se ha ejercido una fuerza de remado. En tercer lugar, el sistema espera a la confirmación del usuario para empezar el entrenamiento. Este proceso ocurre físicamente cuando el usuario presiona el ícono “START” en la ventana de entrenamiento (ver figura 4.34 en el ítem 4). En cuarto lugar, el sistema empieza a procesar y mostrar en la interfaz de usuario los datos que lee de las variables globales. En los anexos D.1, se muestra el pseudocódigo 1 (correspondiente al bloque azul de líneas discontinuas), en el cual se observa el procedimiento para obtener y mostrar la fuerza de remado resultante en el sistema. Finalmente, luego de finalizado el entrenamiento es posible guardar los datos y salir del sistema, o empezar un nuevo entrenamiento. Asimismo, se puede resetear el sistema para volver a empezar con las configuraciones ya determinadas.

Procesamiento de los datos recibidos por la consola de proximidad

En la figura 4.32, se muestra el diagrama de flujo del procesamiento de los datos de la consola de proximidad o del caso 2. En primer lugar, de igual forma que la consola de fuerza, se realiza la conexión y confirmación de la comunicación *Bluetooth* (ver figura D.8 en los anexos). Posteriormente, se envía cíclicamente el carácter ‘1’ (interrupción cada 40 ms) a la consola de proximidad para recibir la cadena de bytes de cada uno de los 4 sensores de proximidad. En segundo lugar, se determina el alcance de remado objetivo (ver la figura D.9 en los anexos). El atleta se coloca en posición de ataque y se registra la distancia que deberá alcanzar durante cada palada en el entrenamiento.

Procesamiento caso 2

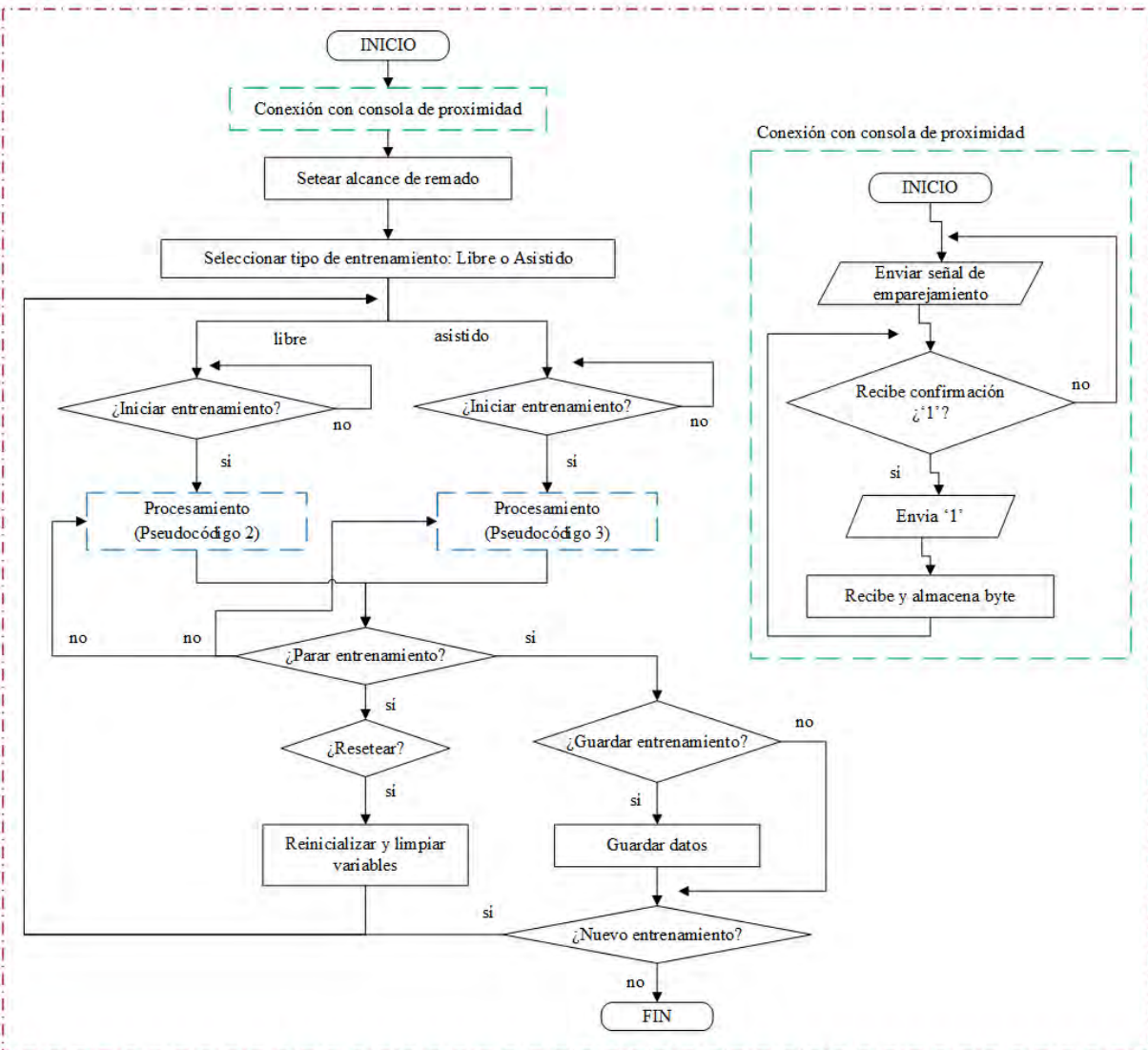


Figura 4.32: Diagrama de flujo del procesamiento del caso 2 (consola de proximidad). Fuente: Elaboración propia.

En tercer lugar, se selecciona el tipo de entrenamiento que desea, “libre” o “asistido”. En el entrenamiento libre, el periodo de palada es a criterio del usuario. Sin embargo, en el entrenamiento asistido, además de llegar a la distancia de alcance correcta, se debe cumplir con el periodo de palada establecido. En la siguiente sección 4.4.3, se explica a mayor detalle las diferencias entre los 2 tipos de entrenamiento. En cuarto lugar, de acuerdo al tipo de entrenamiento, se ejecutará un hilo de programación diferente (pseudocódigo 2 y 3). En estos bloques se convierten los bytes de cada sensor de proximidad a números del tipo flotante para obtener el alcance de remado y realizar

las operaciones que permiten calcular aproximadamente la velocidad y aceleración, caracterizar el número de paladas, entre otros. Asimismo, se muestran todos los datos en la interfaz de usuario. En el anexo D.1, se explica el detalle de los cálculos y se muestran los pseudocódigos 2 y 3, que permiten obtener los parámetros mencionados anteriormente. Finalmente, luego de concluido el entrenamiento es posible salir del sistema, guardar los datos, o resetear el sistema y volver a empezar.

Procesamiento de los datos por ambas consolas

La figura 4.33 muestra el procesamiento de datos de ambas consolas o el caso 3, el cual es la combinación de los 2 procedimientos anteriormente ya explicados. En primer lugar, se realiza la configuración y comunicación con ambas consolas de forma independiente. El aplicativo envía el carácter '1' a cada consola y recibe la información en bytes de la información obtenida por las celdas de carga y por los sensores de proximidad. En segundo lugar, se determina la fuerza de pretensión y el alcance de remado. En tercer lugar, se determina el tipo de entrenamiento "asistido" o "libre". En cuarto lugar, se realiza el procesamiento de los datos combinando los pseudocódigos 1, 2 y 3, como se indica. Finalmente, de la misma forma que los casos anteriores, se puede resetear, guardar, empezar un nuevo entrenamiento o salir del sistema.

Procesamiento caso 3

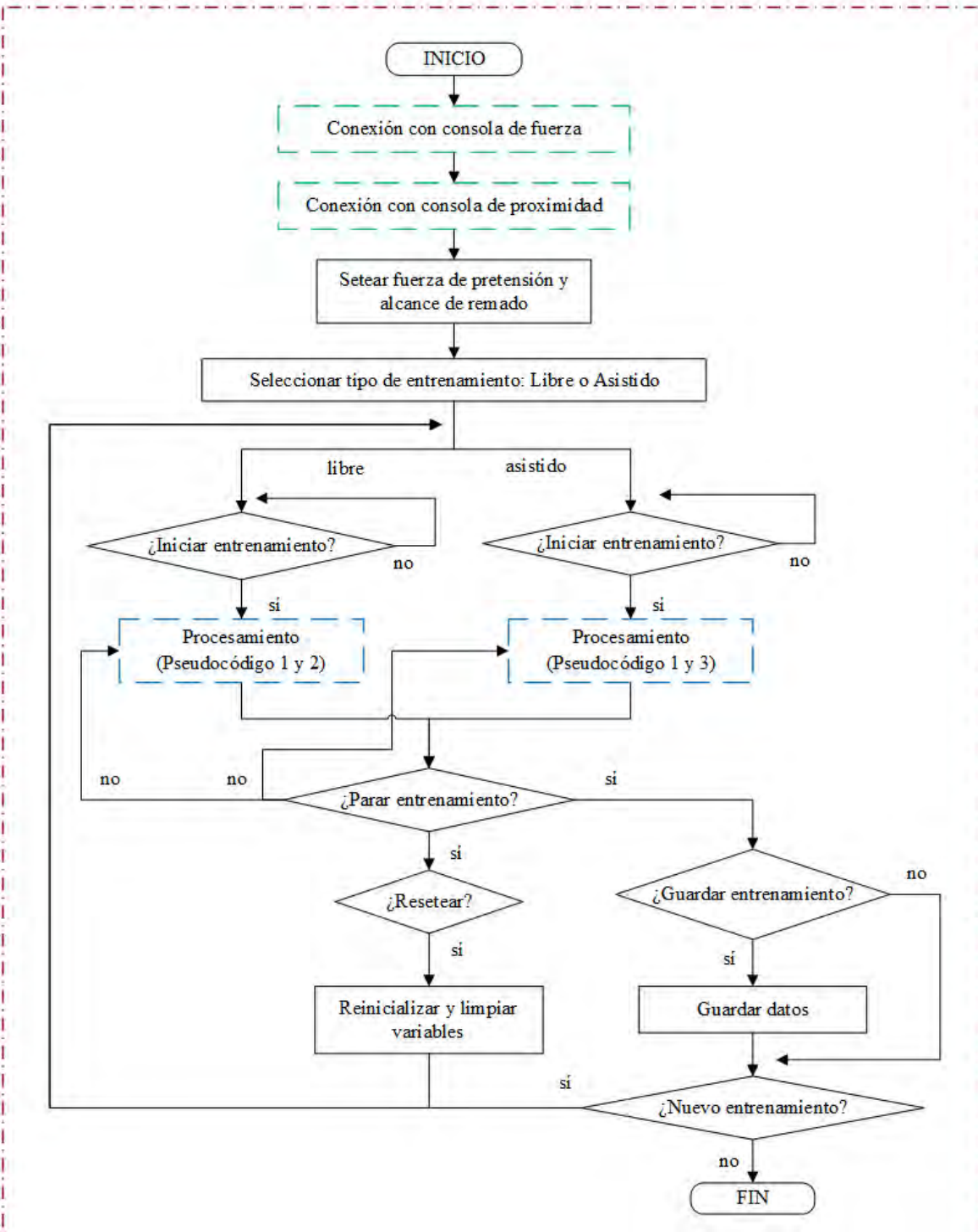


Figura 4.33: Diagrama de flujo del procesamiento del caso 3 (consola de fuerza y proximidad). Fuente: Elaboración propia.

4.4.3 Interfaz gráfica de usuario

En la presente sección, se explican las ventanas principales de la interfaz gráfica de usuario. La ventana de inicio del sistema, el procedimiento para añadir un nuevo usuario y la configuración a seguir para llegar hasta la ventana de visualización principal del entrenamiento (ver figura 4.34 y figura 4.35) se describen en el anexo D.2. La figura 4.34 muestra la ventana de visualización de un entrenamiento, en el cual se han seleccionado las 2 consolas (fuerza y de alcance de remado) en el tipo “libre”. En el subgrupo inferior se encuentra la botonera con los botones de “Empezar” (4), “Parar” (5), “Resetear” (6) y “Guardar” (7). Al presionar el botón “Empezar” (4) se activa una cuenta regresiva de 3 segundos mostrada en (1) y se activa el botón de “Parar”, los demás botones se desactivan. El conteo está acompañado con unos pitidos que avisan al atleta cada segundo que transcurre. Al finalizar la cuenta, empieza el procesamiento de los datos, los cuales se explicaron anteriormente en los pseudocódigos 2 y 3 en los anexos D.1. En simultáneo, se actualiza la información que se visualiza en los subgrupos. En el subgrupo (2), se indica el tiempo como si fuese un cronómetro. Los datos procesados de los sensores se visualizan en el subgrupo (3), por ejemplo, se indican los valores de la distancia recorrida aproximada, paladas x minuto, velocidad instantánea aproximada, aceleración instantánea aproximada, número de paladas y fuerza. Además, la fuerza resultante de los sensores de fuerza se muestra en la gráfica (12). Por otro lado, los sensores de proximidad permiten obtener las gráficas aproximadas de velocidad (11) y aceleración (10). El sistema del simulador reconoce las paladas producidas del lado derecho (9) e izquierdo (8). El sistema considera una palada correcta solo si el atleta alcanzó la distancia de ataque ideal anteriormente seteada. Además, el sistema, emite un pitido por cada palada correcta así el atleta reconoce durante el entrenamiento si su alcance es el correcto. Finalmente, luego de concluir el entrenamiento, se presiona el botón de “Parar”. Al dar clic, se habilitan los botones de

“Empezar” (4), “Resetear” (6) y “Guardar” (7). El botón de “Empezar” (4) permite reanudar el entrenamiento. El botón “Resetear” (6) borrará todo el contenido y únicamente habilitará el botón de “Empezar” (4), para iniciar de nuevo. Si se desea empezar otro entrenamiento con un nuevo usuario o con diferente configuración de sensores o tipo, se debe salir hasta la ventana de inicio. El botón de “Guardar” (7) almacena los datos del entrenamiento en un archivo de Excel que lleva de nombre la fecha del entrenamiento en la carpeta del usuario. Esta carpeta la crea el sistema automáticamente la primera vez que se desea guardar. Las siguientes ocasiones solo añade el archivo Excel en la carpeta creada. Esto permite almacenar ordenadamente varios usuarios con sus respectivos entrenamientos para un estudio posterior.

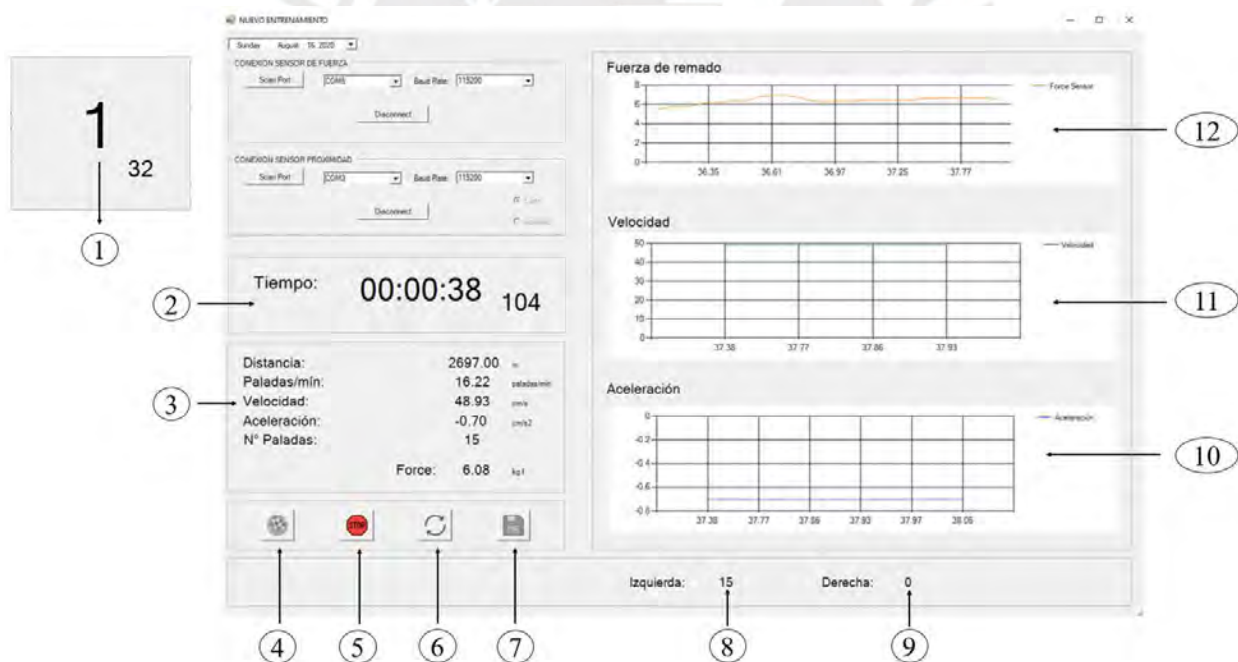


Figura 4.34: Ventana de entrenamiento del tipo “libre”. Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, el simulador cuenta con un modo de entrenamiento que facilita el aprendizaje en principiantes, y mejora la cadencia y ritmo en atletas de alta competición. Si el atleta lo quisiera podría seleccionar el tipo de entrenamiento asistido (ver figura 4.35). Esto habilita

una barra que permite visualizar el periodo de palada (2), el cual puede ser modificado según criterio del usuario. Una palada se considera correcta si y solo si llega al alcance objetivo en el momento que la barra este en la etapa de ataque.

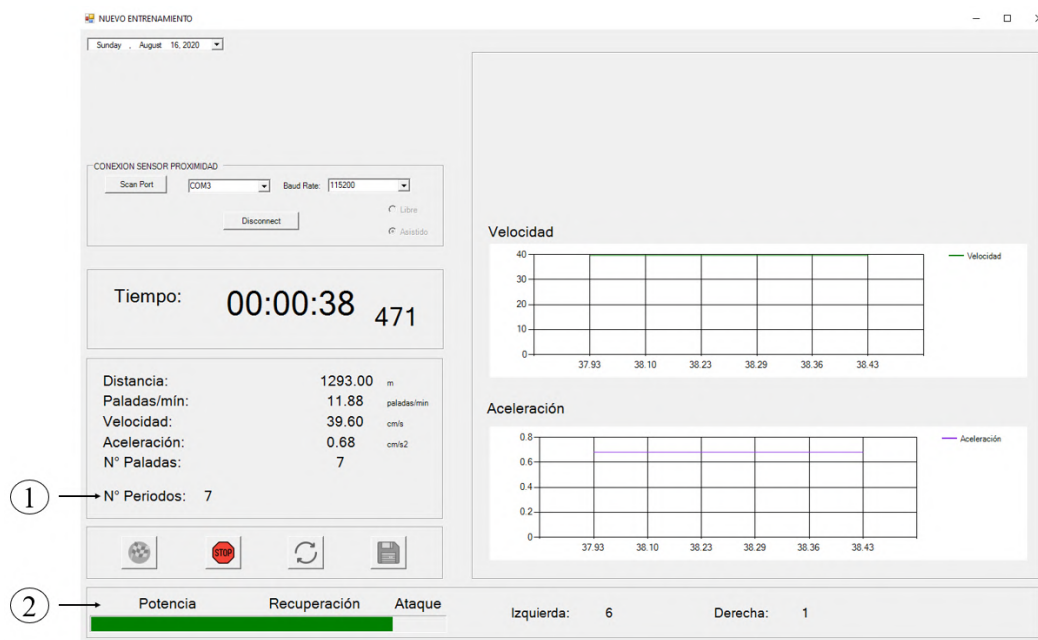


Figura 4.35: Ventana de entrenamiento del tipo “asistido”. Fuente: Elaboración propia.

4.5 Prueba en aguas abiertas

En esta sección, se desarrolla el estudio de los ángulos de ejecución de la técnica de remado de atletas peruanos convencionales y atletas de *Para Va'a* (con características de discapacidad que corresponderían a la categoría VL3) en una prueba de velocidad en línea recta de 200m. Los resultados del estudio se publicaron en el XIV Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica (Velasquez y Lengua, 2019). En el anexo E, se explica la técnica de remado del *Va'a* a partir de un estudio cuantitativo y cualitativo. Además, se describen los 2 estilos principales, tahitiano y hawaiano. Los comentarios mencionados en el estudio de la técnica se tomarán en cuenta para el análisis de los resultados.

Posición de los centros articulares

En el estudio se considera un modelo de 4 centros articulares y se estudian 3 ángulos de ejecución en las 3 etapas de ejecución de la técnica (ataque, potencia y recuperación). El modelo considera que los ángulos y los centros articulares se encuentran proyectados sobre el plano sagital. Posteriormente, se explica a detalle el procedimiento para obtener los datos de la técnica de remado.

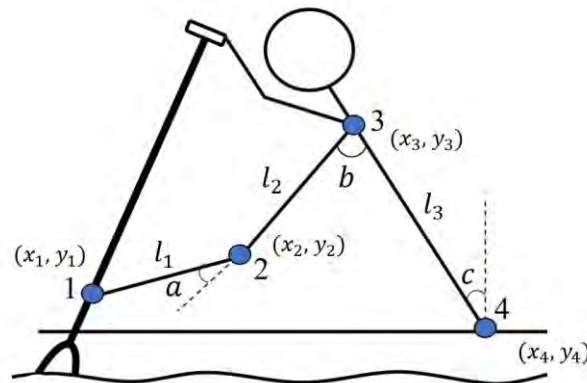


Figura 4.36: Centros articulares y ángulos del estudio. Elaboración: Fuente propia.

En la tabla 4.1 y en la tabla 4.2 se describen los centros articulares y los ángulos de estudio respectivamente.

Tabla 4.1: Centros articulares del estudio.

Centros articulares	
1	Muñeca izquierda
2	Codo izquierdo
3	Hombro izquierdo
4	Cadera izquierda

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.2: Descripción de los ángulos de estudio.

Ángulos de estudio	
a	Ángulo de flexión del codo izquierdo
b	Ángulo de flexión del hombro
c	Ángulo de flexión del tronco respecto del eje vertical

Fuente: Elaboración propia.

Experimento

Se realizó una prueba de velocidad en aguas abiertas en línea recta a 7 atletas mayores de edad, 5 atletas de *Va'a* (VC) y 2 de *Para Va'a* (PV). Debido a la etapa incipiente en la que se encuentra el deporte del paracanoaje en la canoa del tipo V1 en el Perú, no existen hasta la fecha atletas con experiencia en competencias internacionales. Los atletas de *Para Va'a* que se muestrearon son novatos mientras que los atletas de *Va'a* tienen experiencia en competencias nacionales y 3 de ellos experiencia internacional. La técnica o estilo de remado (tahitiano, hawaiano u otro) fue criterio de cada remador. Se consideraron las mismas condiciones climáticas de viento (entre 5 y 10kph) y marea (entre 0.5 y 0.8m) para todos los participantes. Estos datos se obtuvieron según el pronóstico de la playa Barranquito en Lima. Las condiciones consideradas son similares a las de aguas tranquilas en las competencias internacionales de canotaje; es decir, sin vientos que favorezcan ni estorben a los remadores y tampoco oleajes.

- **Materiales**

Las pruebas se realizaron en canoas del tipo V1 fabricadas localmente, longitud: 7.2m y masa (cabina + ama + iakos): 20-22 kg. El registro de la información se obtuvo mediante dos cámaras acuáticas y un reloj deportivo. Las cámaras que se utilizaron son GoPro Hero 7 Silver (ubicada sobre el ama en la posición calculada en los anexos en la sección C.7) y Cámara de Acción RoadTrip (ubicada sobre el iako de la proa) configuradas a 60fps. El reloj acuático que se utilizó es el GARMIN Forerunner 910XT. Por otra parte, para facilitar el procesamiento de los datos se colocaron marcadores en los centros articulares mencionados anteriormente. Los marcadores se elaboraron con brazaletes de tela y velcro. Los brazaletes tienen adheridos círculos de tela de color blanco que permiten contrastar el círculo (centro articular) respecto de los elementos a su alrededor. El reloj GARMIN permite registrar la trayectoria recta de la canoa en la prueba.



Figura 4.37: Atleta en el punto de partida del experimento. Elaboración: Fuente propia.

- **Obtención de los datos**

En primer lugar, se colocan los marcadores y el reloj acuático a los atletas. En segundo lugar, se encienden las cámaras, se calibran y se empieza a grabar. En tercer lugar, el atleta rema hasta la posición de inicio, en donde presiona el botón de empezar del reloj Garmin, el cual emitirá 3 pitidos antes de empezar a registrar la información. En seguida, se coloca en la posición de ataque y en el tercer pitido del reloj empieza a remar al máximo de su capacidad. Durante la prueba, las cámaras graban los ángulos de ejecución de la técnica y el reloj registra la distancia recorrida. En cuarto lugar, luego de pasar el punto de llegada el atleta detiene el reloj, el cual automáticamente graba la información internamente, y se dirige a la orilla. Finalmente, se detiene la grabación y se guarda el video en la memoria SD interna de la cámara. Este procedimiento se realizó para todos los atletas.

Procesamiento de los datos

Por un lado, se explica el procesamiento de la data obtenida por el reloj GARMIN. El reloj GARMIN registra la distancia recorrida a partir de las coordenadas que obtiene en varios instantes por su sensor GPS interno. Estas coordenadas se exportan al software de Matlab para obtener los parámetros de distancia recorrida y también calcular la velocidad. En la tabla 4.3, se muestran los datos de tiempo total de la prueba, velocidad promedio y velocidad máxima en los 7 atletas.

Tabla 4.3: Comparación de las pruebas entre los atletas.

Código	Distancia (m)	Tiempo (min:s.ms)	Velocidad promedio (kph)	Velocidad máxima (kph)
VC1	200	0:57.2	11.9	14.0
VC2	200	1:02.2	10.2	12.9
VC3	200	1:04.9	9.7	12.0
VC4	200	1:08.0	9.2	12.2
VC5	200	1:16.1	8.4	11.3
PV1	200	1:25.0	7.7	9.4
PV2	200	1:21.0	8.3	9.6

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, en la figura 4.38, se muestra la gráfica de velocidad vs distancia.

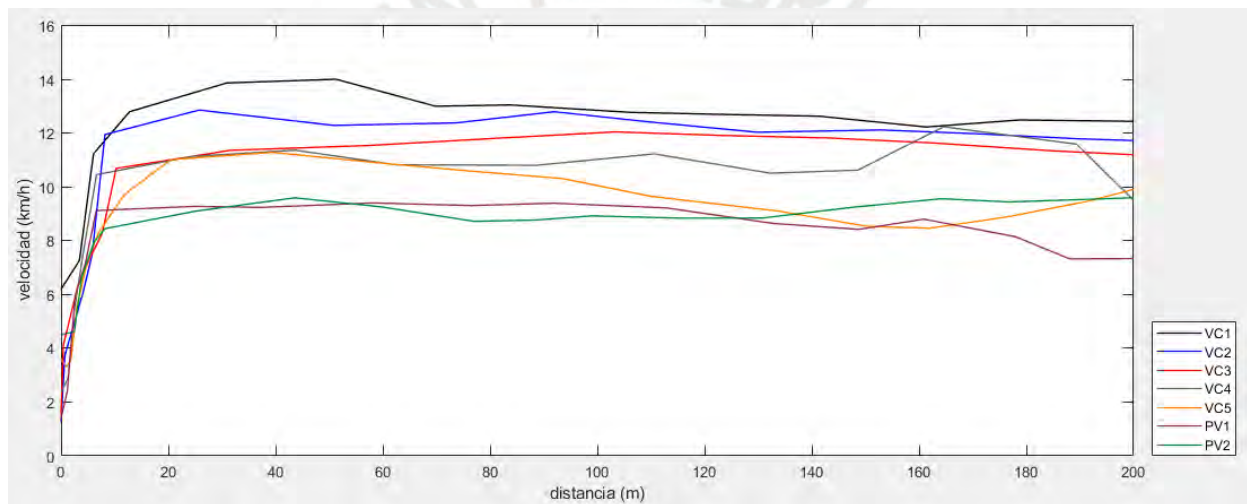


Figura 4.38: Velocidad vs distancia en la prueba de velocidad. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se explica el procesamiento de los datos obtenidos por las cámaras acuáticas. En primer lugar, se caracterizan las paladas que realizó cada atleta. La tabla 4.4 muestra el número de paladas que se ejecutaron, el número de paladas x mín. y el número de paladas totales realizadas del lado izquierdo y derecho. La figura 4.39 muestra en casillas de color verde las paladas que se realizaron del lado izquierdo (lado del ama) y en casillas de color rojo las paladas que se realizaron del lado derecho en función de la distancia.

Tabla 4.4: Caracterización de las paladas de los atletas en la prueba de velocidad.

Código	Número de paladas	Nº de paladas x mín	Paladas del lado izquierdo	Paladas del lado derecho
VC1	70	73.4	57	13
VC2	76	73.3	46	30
VC3	79	73.0	54	25
VC4	83	73.2	69	14
VC5	76	59.9	64	12
PV1	69	48.7	59	10
PV2	64	47.4	44	20

Fuente: Elaboración propia.

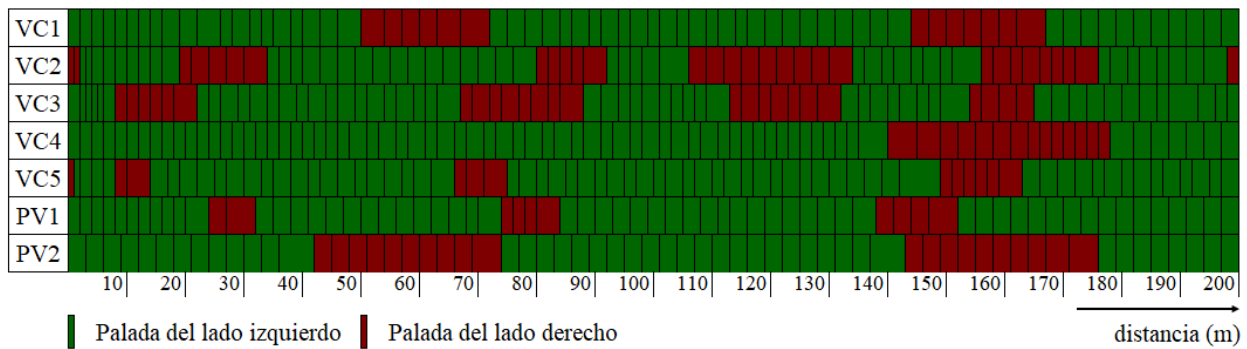


Figura 4.39: Caracterización de las paladas de los atletas en la prueba de velocidad. Fuente: Elaboración propia.

El presente estudio, analiza únicamente el ciclo de palada en el instante que el atleta alcanza su velocidad máxima. Se considera que la técnica aplicada alrededor de ese instante es la más eficiente respecto del resto de la carrera. El software seleccionado para el procesamiento de los datos de la cámara es el KINOVEA. En primer lugar, se exportan los videos al software mencionado. En segundo lugar, se coloca el sistema coordenado en la esquina inferior derecha de la pantalla. En tercer lugar, se recorta el video únicamente en el intervalo en el cual el atleta alcanza su velocidad máxima. Este tiempo se conoce debido a la gráfica mostrada en la figura 4.38. En cuarto lugar, se extraen las trayectorias de los centros articulares y se exportan a formato de tabla de Excel junto con el vector de tiempo. En quinto lugar, se exportan los datos a Matlab.

Debido al entorno poco controlado, se observó que no se podían calibrar correctamente las cámaras. El movimiento del mar y la velocidad de la canoa provocan que el ama no se mantenga lo suficientemente estable, lo cual provoca que las cámaras pierdan su calibración inicial. Por ello, el presente estudio calcula los ángulos de ejecución proyectando los centros articulares al plano sagital. Luego, por inspección visual en cada fracción de video registrada por ambas cámaras, se corrige (si fuese necesario) cada valor. La obtención de los ángulos de ejecución se obtiene mediante ecuaciones trigonométricas. En principio, se extraen los 3 segmentos mediante las siguientes ecuaciones:

$$l_1 = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (1)$$

$$l_2 = \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2} \quad (2)$$

$$l_3 = \sqrt{(x_4 - x_3)^2 + (y_4 - y_3)^2} \quad (3)$$

Después se pueden obtener los ángulos a partir de las siguientes ecuaciones:

El ángulo a:

$$a = 180^\circ - \cos^{-1} \left(\frac{\overline{d_{1-3}}^2 - l_1^2 - l_2^2}{-2l_1l_2} \right) \quad (4)$$

$$\overline{d_{1-3}} = \sqrt{(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2} \quad (5)$$

El ángulo b:

$$b = \cos^{-1} \left(\frac{\overline{d_{2-4}}^2 - l_2^2 - l_3^2}{-2l_2l_3} \right) \quad (6)$$

El ángulo c:

$$c = \cos^{-1} \left(\frac{y_3 - y_4}{l_3} \right) \quad (7)$$

Las gráficas de los ángulos registrados por los atletas se muestran en la figura 4.40.

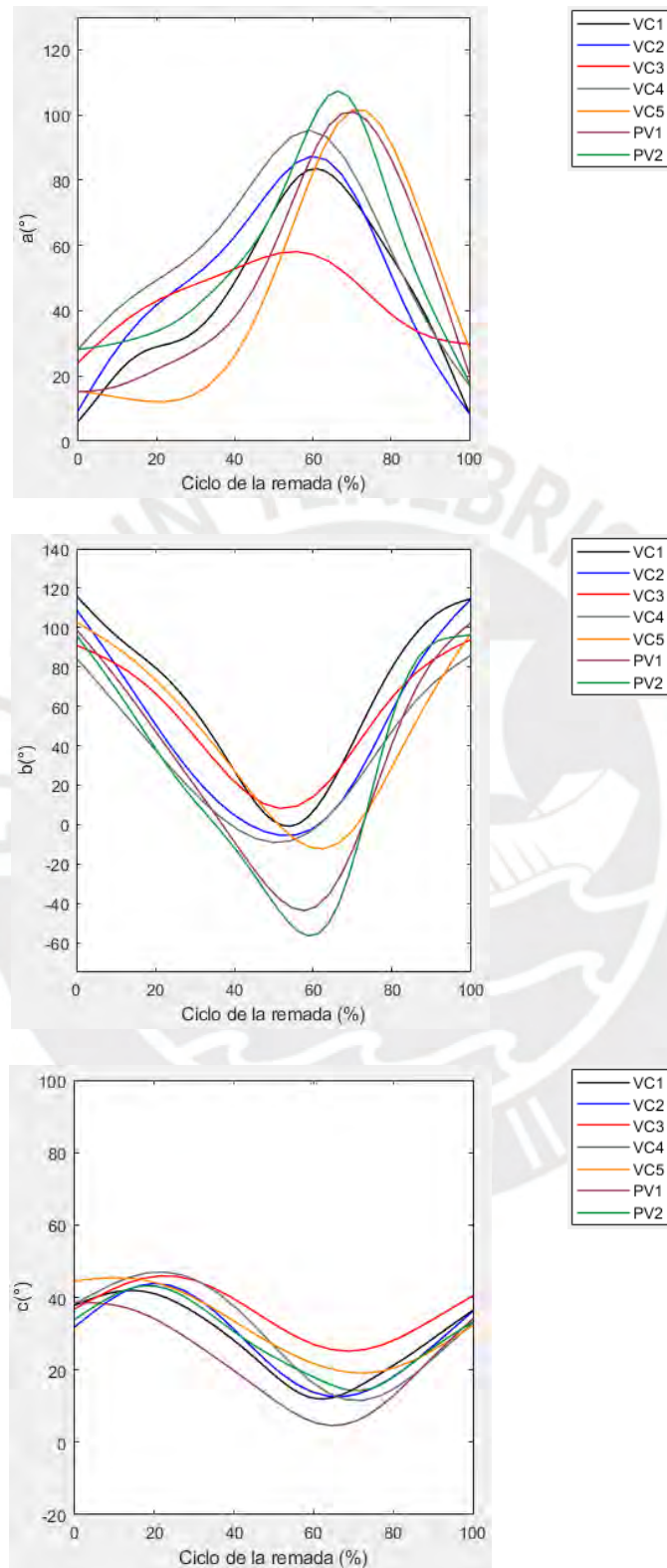


Figura 4.40: Ángulos a), b) y c) registrados en el experimento. Elaboración: Fuente propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 4.5, se listan los resultados de los 3 primeros puestos del último campeonato internacional de paracanotaje en la categoría VL3 de varones en la modalidad propuesta por el ICF (200m en línea recta en aguas tranquilas).

Tabla 4.5: Resultados del campeonato mundial de paracanotaje en Hungría VL3 hombres.

Posición	Remero	País	Tiempo
1	Curtis Mcgrath	AUS	00:47.42
2	Caio Ribeiro	BRA	00:47.52
3	Stuart Wood	GBR	00:48.42

Fuente: Elaboración propia a partir de ICF (2021).

Los resultados de los atletas peruanos mostrados en la tabla 4.3 muestran que sus tiempos están muy distantes del nivel requerido para una competición internacional. Los atletas de *Para Va'a* se encuentran en una categoría de principiante. Sin embargo, es importante resaltar que la prueba se realizó en canoas nacionales. Las canoas para competencias de velocidad pesan 13 kg incluyendo el ama, los iakos y la canoa (ICF, 2021). Sin embargo, como se mencionó, las canoas peruanas pesan alrededor de 20 a 22 kg. Según los cálculos de flotación estudiados, los atletas peruanos se encuentran en desventaja debido a que a mayor peso se produce un calado mayor y esto dificulta su traslado. Asimismo, los atletas de *Para Va'a* remarón sin arneses ni adaptaciones en el asiento. Por otra parte, probablemente remarón del lado menos conveniente. Ambos atletas poseen amputación por encima de la rodilla de la pierna izquierda. El ama se ubicó del lado izquierdo, por lo que no tenían pie de apoyo de ese lado. En las competencias del ICF, es posible cambiar de lugar el ama para poder remar del lado más favorable para el atleta.

En el estudio de Sealey, Ness y Leicht se menciona que el número de paladas por minuto en la técnica hawaiana es menor a 55 mientras que en la técnica tahitiana es mayor a 65. En la tabla

4.4 se observa que los atletas presentan una técnica más acorde con la tahitiana. Sin embargo, se observará más adelante que la flexión de tronco se asimila más a la técnica hawaiana. Los atletas de *Para Va'a* se encuentran en una etapa incipiente de remado, por lo tanto, no se podría saber qué tipo de técnica aplican al remar.

Steve West menciona que en competencias de velocidad los mejores atletas aventajan a sus oponentes al inicio de la carrera. Los atletas reman a una alta velocidad y son capaces de mantenerse a ese nivel (2014). En la figura 4.38, se observa que los atletas con mejores resultados (VC1 y VC2) establecieron una velocidad inicial alta y lograron mantenerla durante la carrera. El atleta de *Para Va'a* PV1 redujo su velocidad en los últimos metros de la carrera. Por otra parte, West menciona la importancia de reducir los cambios de palada y de remar la mayor cantidad de veces del lado del ama. En la caracterización de las paladas de los atletas mostrada en la figura 4.39, se observa que los atletas VC2 y VC3 realizaron 10 y 8 cambios respectivamente. Esto representa un factor de mejora pues al reducir los cambios de lado al remar podrán mejorar sus marcas en competencias de velocidad. Los atletas de *Para Va'a* realizaron 6 y 4 cambios. Sin embargo, lo ideal sería cambiar como máximo 2 veces en la competencia que sería equivalente a corregir la dirección de la canoa 1 sola vez, el único atleta en lograr esto fue el VC4.

La tabla 4.6 lista los ángulos de ejecución máximos y mínimos observados en la prueba de velocidad.

Tabla 4.6: Ángulos de ejecución a° , b° y c° de los atletas peruanos.

Códigos		VC1	VC2	VC3	VC4	VC5	\bar{VC}	PV1	PV2	\bar{PV}
a°	Máx.	83.5	87.3	58.1	95.4	101.4	85.1	100.9	107.4	104.2
	Mín.	6.1	8.3	24.1	17	12.1	13.5	15.2	17.8	16.5
b°	Máx.	115.8	114.3	93.9	85.9	102.6	102.5	102.4	96.2	99.3
	Mín.	-0.8	-5.5	8.2	-9.1	-12.3	-3.9	-43.7	-56.5	-50.1
c°	Máx.	41.9	43.9	45.9	47	45.4	44.8	38.6	43.2	40.9
	Mín.	11.9	12.6	25.2	11.5	19.2	16.1	4.6	14.3	9.5

Fuente: Elaboración propia.

Flexión del codo

La flexión máxima promedio del codo (ángulo a°) en el caso de los atletas convencionales peruanos más veloces (VC1 y VC2) es similar al promedio obtenido en el estudio de Rosén et al. ($87^\circ \pm 12$). Esta flexión se produce durante la etapa de recuperación. Los ángulos superiores aproximadamente a 90° podrían indicar que la pala se ha llevado detrás de la cadera, lo cual es incorrecto. Steve West menciona que retroceder la pala detrás de la cadera podría ocasionar la desviación de la canoa (2014). Los atletas VC5, PV1 y PV2 realizan una flexión de codo superior a 100° , lo cual representa un error en la técnica de remado. En las grabaciones se pudo confirmar que los 3 atletas mencionados llevan la pala detrás de la cadera. La flexión mínima del codo está relacionada a la etapa de ataque de la canoa y el alcance del remado del atleta. Los atletas peruanos convencionales y de *Para Va'a*, en promedio, estiran el brazo casi completamente, lo cual no ocurre en los atletas mostrados en la tabla 2.4. Arimond menciona que el ángulo de flexión para el cual se produce la fuerza máxima es de 40° (2012). Esto representa un factor de mejora para los atletas peruanos.

Flexión del hombro

La flexión de hombro máxima (ángulo b°) de atletas peruanos convencionales y con discapacidad no coinciden con los datos del estudio de Rosén et al. Esto debido a que los atletas peruanos flexionan más el tronco y el hombro para alcanzar una mayor distancia de palada. Sin embargo, los atletas más veloces VC1 y VC2 obtienen un ángulo mínimo de flexión de hombro similar. En el caso de los atletas de paracanotaje PV1 y PV2 se observa que el ángulo mínimo es 10° menor. Esto evidencia el error en la técnica de llevar detrás de la cadera la pala al remar.

Flexión del tronco

El ángulo máximo de flexión del tronco (ángulo c°) en todos los atletas indica que los remadores de *Va'a* peruanos emplean una técnica de remado más acorde al estilo hawaiano; es decir, realizan una mayor flexión en el tronco. Según Arimond, se debe flexionar el tronco entre 20° y 25° grados, lo cual corresponde a una técnica tahitiana (2012). Sin embargo, los atletas de *Va'a* en promedio realizan una flexión de tronco superior a los 40° . Asimismo, los atletas peruanos convencionales realizan una flexión de tronco máxima mayor que de los atletas del estudio de Rosén et al. ($31^\circ \pm 14$), ver tabla 2.4. Esto mismo ocurre con los atletas de paracanotaje en comparación con los atletas UL ($19^\circ \pm 13$) del estudio mencionado. Sin embargo, en el ángulo de flexión mínimo los valores obtenidos son coincidentes en el caso de los atletas convencionales ($15^\circ \pm 10$) y respecto de los atletas con discapacidad es ligeramente superior ($5^\circ \pm 6$).

Finalmente, se realiza el análisis en porcentajes de las etapas de remado de los 2 atletas convencionales que obtuvieron mejor marca y los atletas de *Para Va'a* (ver figura 4.41). En los manuales de remado se menciona que la etapa de ataque y de recuperación deben representar el menor tiempo posible durante la ejecución de cada palada. En el estudio de Sealey, Ness y Leicht en la tabla 2.5 se muestra que la etapa de recuperación representa entre el 43 y 44% del ciclo de palada. Sin embargo, los atletas de VC1, VC2 y PV1 superan el 50% y PV2 el 60% del tiempo de un ciclo de palada en la etapa de recuperación. Esto representa un error en la técnica y un factor de mejora. En la secuencia de imágenes, es posible apreciar que la técnica de los atletas peruanos es más parecida a la técnica hawaiana por la flexión del tronco, y además el error en la técnica de los atletas de *Para Va'a* de llevar la pala detrás de la cadera.

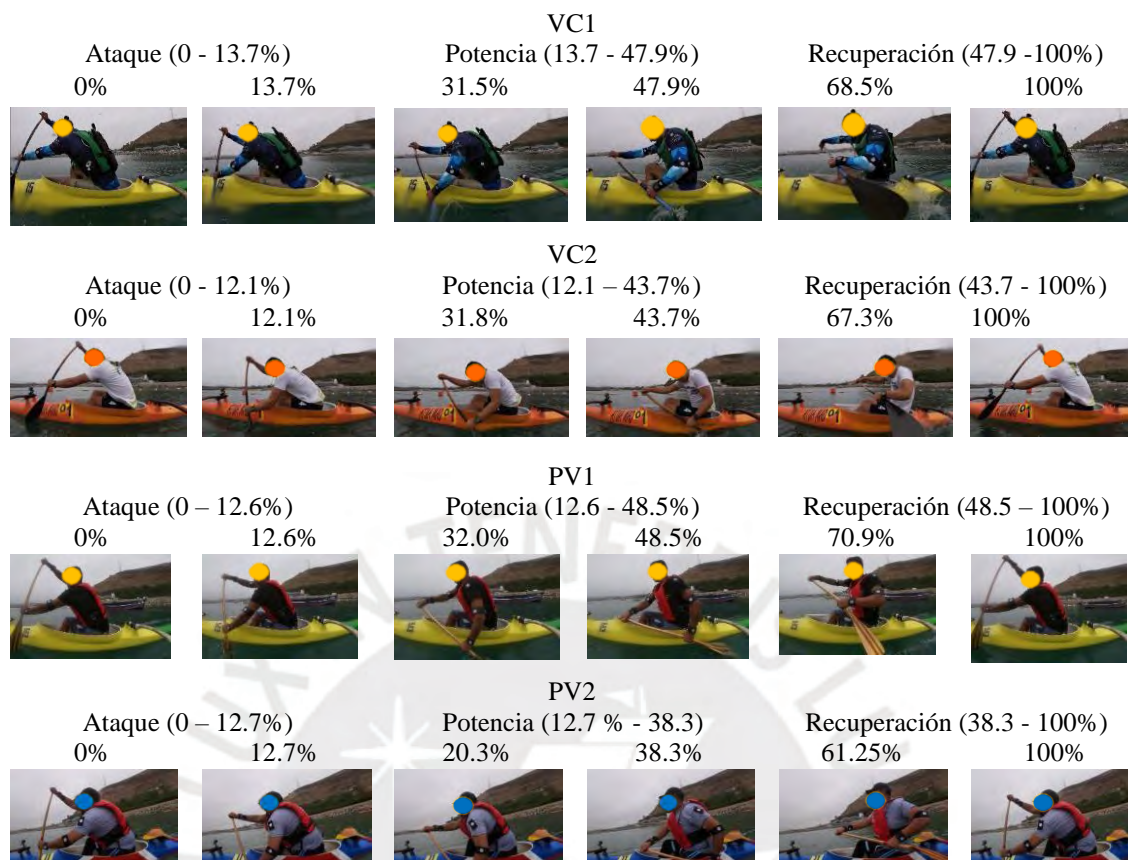


Figura 4.41: Análisis porcentual del ciclo de palada en los atletas. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones de la prueba en relación con el simulador

El estudio en aguas abiertas permitió reconocer las ventajas y desventajas de realizar un estudio de la técnica de remado en aguas abiertas.

Por un lado, la ventaja principal es que se muestrea al atleta en el entorno real de competición. La corriente del mar y vientos, aunque muy leves, son factores importantes que el atleta debe controlar y utilizar a su favor, si fuera posible, en una competencia de velocidad. Se intuye que la técnica de remado sí varía respecto de un ergómetro, puesto que el atleta además de ejercer su máxima fuerza en cada palada, intenta mantener la canoa en línea recta hasta el final, lo cual lo podría obligar a realizar ciertas correcciones con la pala sobre el final de cada remada para mantener recta la trayectoria o en última instancia cambiar de lado la palada. Además, los atletas

deben evitar que la canoa se voltee mientras reman a máxima velocidad, lo cual podría ocasionar que el torso de los atletas esté ligeramente inclinado hacia el lado del ama (lado seguro de la canoa). Esto no ocurriría en una prueba usando ergómetros. Se reconoce que aprender a mantener la canoa en línea recta a máxima velocidad sin voltearse desde el punto de partida hasta el final es algo que se logra entrenando en un entorno real.

Por otro lado, existieron varias desventajas entorno a la adquisición de los datos. En primer lugar, como se mencionó anteriormente, una gran desventaja era la calibración de las cámaras. No fue posible calibrar adecuadamente las cámaras. Al momento de ingresar la canoa al agua y mientras el atleta remaba, se observó que se descalibraban fácilmente de su estado inicial debido al movimiento de la canoa. En segundo lugar, los atletas de *Va'a* comentaron que el ensamble lateral de la cámara estaba reduciendo su velocidad, pues el viento impactaba sobre este. Finalmente, se observó que los salpicones de agua producidos al remar, al impactar sobre el lente de la cámara lateral, provocaban que se perdiera la imagen por algunos segundos. Por ello, no fue posible registrar la técnica de remado durante todo el recorrido y se estudió únicamente el momento de máxima velocidad.

Del estudio se concluye que el entorno controlado que ofrece el simulador sería más conveniente para realizar este tipo de pruebas. En el simulador, se podrían calibrar adecuadamente las cámaras e incluso colocar otras cámaras en redundancia desde otros ángulos sin afectar la velocidad del atleta. Asimismo, sería posible reiniciar la prueba siempre que fuese necesario y/o muestrear a otro atleta sin necesidad de regresar a la orilla, lo cual reduciría los tiempos para la toma de datos. Además, el entrenador puede observar de cerca el gesto técnico del atleta y realizar las indicaciones que considere pertinentes. Finalmente, sería posible observar los parámetros como velocidad, aceleración, fuerza, caracterización de las paladas, entre otros en la pantalla de la

aplicación de escritorio. La retroalimentación durante la prueba es una gran ventaja respecto de la prueba en aguas abiertas, en la cual no fue posible emitir un comentario sobre la técnica solo sobre el resultado final; es decir, el tiempo en que el atleta culminó los 200 metros. Por otra parte, el estudio permitió reconocer que sería útil incluir el modo asistido en la interfaz de usuario. Los atletas de *Para Va'a* iniciaban con una buena técnica; sin embargo, no eran capaces de sostenerla durante toda la prueba. En el modo asistido, como se explicó, se puede modificar la frecuencia de palada. De esta forma se puede iniciar con una frecuencia baja realizando una técnica correcta e ir aumentando la frecuencia hasta ser capaz de remar rápido sin perder el gesto técnico. El software permite también almacenar los datos, con lo cual se puede tener un registro del avance o mejora de cada atleta y realizar comparaciones.

4.6 Planos

Los planos de ensamble y despiece se encuentran en los Anexos I. La figura 4.42 muestra el organigrama de los planos del simulador de canotaje polinésico y la tabla 4.7 describe la nomenclatura utilizada.

Tabla 4.7: Nomenclatura utilizada en los planos de ensamble y despiece.

Tipo de plano (electrónico, mecánico)	Ensamble o despiece	Número de serie	Formato de hoja
[E/M][*]	E/P	0XX	A _{0...4}
*EW = Tarjeta electrónica de la consola de medición de fuerza, EP = Tarjeta electrónica de la consola de medición de alcance de remado, MS = Sistema de entrada y salida, MR = Sistema de recirculación, MF = Sistema de flotación, MV = Sistema vaivén, MW = Consola de medición de fuerza, MP = Consola de medición de alcance de remado, MC = Soporte de las cámaras y MT = Ensamble total.			

Fuente: Elaboración propia.

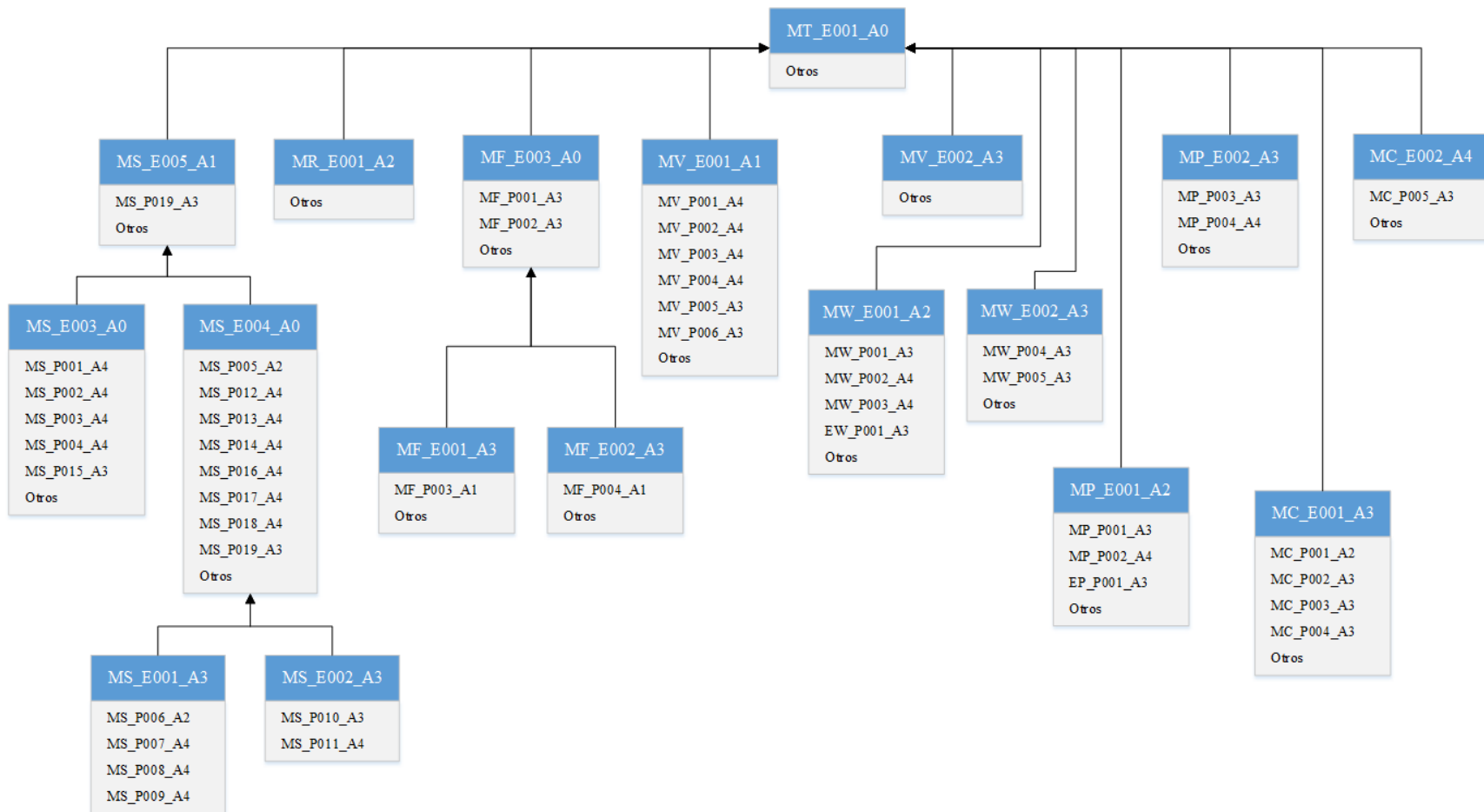


Figura 4.42: Organigrama de los planos de ensamble y despiece del simulador de canotaje polinésico. Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO 5: COSTOS DEL SISTEMA

En el presente capítulo, se redactan los costos del simulador de *Va'a*. En primer lugar, se redactan los costos mecánicos, en segundo lugar, los costos electrónicos, y finalmente los costos de diseño. En los anexos H, se encuentran las cotizaciones de los productos principales.

Costos del sistema mecánico

Los costos del sistema mecánico se dividen en el costo de cada subsistema (ver tabla 5.1). El detalle de cada subsistema se encuentra en el anexo F.

Tabla 5.1: Costos del sistema mecánico del simulador.

Costos del sistema mecánico	Ítems	Proveedor	Total
	Piscina estructural	Intex	499.90
	Piso para piscina	MultiTop S.A.C.	70.00
	1 remo	Taller José Acuña	270.00
	Sistema de entrada y salida		1154.00
	Sistema de flotación		3720.00
	Sistema de recirculación		167.20
	Sistema vaivén		600.00
	Pernos tuercas y arandelas		500.00
	Pintura epóxica	Anypsa	154.10
		Total	7135.20

Fuente: Elaboración propia.

Costos del sistema electrónico

En la tabla 5.2 se listan los costos de la consola que mide la fuerza de remado.

Tabla 5.2: Costos de la consola que mide la fuerza de remado.

Consola de medición de fuerza	Ítems	Proveedor	Precio (Unidad)	Cantidad	Total
	Tarjeta electrónica	Jobarecci E.I.R.L.	50.00	1	50.00
	Microcontrolador ESP32	Electromanía	32.00	1	32.00
	Celdas de carga	AliExpress	198.90	2	397.80
	Batería de litio	HI-FI S.A.C.	17.00	1	17.00
	HX711	Naylamp Mechatronics	12.00	2	24.00
	J5019	Naylamp Mechatronics	12.00	1	12.00
	Interruptor, Pulsador, leds, borneras, separadores, cables y otros	varios	10.00	1	10.00
	Carcasa inferior	LAGOM	59.47	1	59.47
	Carcasa superior	LAGOM	28.67	1	28.67
Eles	LAGOM	4.84	2	9.68	
				Total	640.62

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5.3, se muestran los costos de la consola que mide el alcance de remado.

Tabla 5.3: Costos de la consola que mide el alcance de remado.

	Ítems	Proveedor	Precio (Unidad)	Cantidad	Total	
Consola de medición del alcance de remado	Tarjeta electrónica	Jobarecci E.I.R.L.	30.00	1	30.00	
	Microcontrolador ESP32	Electromanía	32.00	1	32.00	
	HC-SR04	Naylamp Mechatronics	8.00	4	32.00	
	Batería de litio	HIFI S.A.C.	17.00	1	17.00	
	J5019	Naylamp Mechatronics	12.00	1	12.00	
	Interruptor, pulsador, leds, borneras, separadores, cables y otros	varios	10.00	1	10.00	
	Carcasa inferior consola	LAGOM	63.01	1	63.01	
	Carcasa superior consola	LAGOM	20.18	1	20.18	
	Carcasa inferior sensores	LAGOM	47.55	2	95.11	
	Carcasa superior sensores	LAGOM	16.29	2	32.57	
					Total	343.87

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5.4, se muestran los costos del sistema de cámaras.

Tabla 5.4: Costos del sistema de cámaras.

	Ítems	Proveedor	Precio (Unidad)	Cantidad	Total
Sistema de cámaras	Cámara GoPro Silver	Techno Shops	999.00	3	2997.00
	Soporte 1 derecha	LAGOM	51.40	2	102.80
	Soporte 2 izquierda	LAGOM	51.40	2	102.80
	Soporte 2	LAGOM	64.00	4	256.00
	Soporte 3	LAGOM	101.40	1	101.40
					Total

Fuente: Elaboración propia.

Costos de diseño

El costo de diseño considera el pago a un practicante preprofesional de mecatrónica por el periodo de 8 meses considerando una jornada laboral de 20 horas semanales. El pago mensual es de S/ 1200. Este pago considera el desarrollo de las pruebas experimentales en aguas abiertas y en el laboratorio, el ensamble de las piezas del simulador y la fabricación de las consolas electrónicas. El costo total de diseño asciende a S/. 9600.

Costos totales

En la tabla 5.5 se indica el costo total del simulador de canotaje polinésico para personas con discapacidad el cual asciende a S/. 21279.69.

Tabla 5.5: Costos totales del simulador.

	Ítems	Total (S/.)
Costos totales del simulador	Sistema mecánico	7135.20
	Sistema electrónico	4544.49
	Costo de diseño	9600.00
Total		21279.69

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se redactan las conclusiones respecto de los objetivos planteados, y las recomendaciones frente al uso del simulador de canotaje polinésico y para el desarrollo de trabajos futuros.

a. Conclusiones

El objetivo principal de la presente tesis es diseñar un simulador de canotaje polinésico en el tipo de canoa V1 para personas con discapacidad motora inferior. En ese sentido, se logró el objetivo planteado al diseñar un simulador de canotaje polinésico conformado por los sistemas de entrada y salida, flotación, recirculación, vaivén, 2 consolas electrónicas, un sistema de cámaras y un aplicativo de escritorio.

La búsqueda del estado del arte en simuladores de canotaje de *Va'a* e incluso de otros deportes como kayak, remo y canoa dragón permitió conocer la tecnología actual e identificar los sistemas que pueden ser adaptados al deporte del *Va'a*. El diseño del simulador adapta la cabina de una canoa V1 tradicional ensamblada con flotadores. Asimismo, el sistema de recirculación está conformado por divisores y guidores de flujo presentes en patentes y videos de canotaje. Finalmente, se emplea el uso de sogas y cuerdas para sujetar la canoa, y producir el efecto vaivén.

El diseño de la presente tesis se desarrolla mediante la metodología de diseño VDI 2221. Se cumplió con el objetivo de desarrollar la estructura de funciones en los dominios mecánicos, electrónico y de procesamiento, lista de exigencias, matriz morfológica, análisis técnico-económico, y así, finalmente, se obtuvo el concepto de solución óptimo.

El diseño mecánico cumple con los requerimientos de seguridad, ergonomía, ensamble, entre otros. Las ventajas técnicas del diseño del simulador respecto de otros simuladores son su modularidad y versatilidad. El diseño es modular, pues todos los sistemas y piezas del simulador pueden desensamblarse, lo cual facilita su traslado y mantenimiento. Además, es versátil, pues pueden colocarse diferentes accesorios electrónicos que permitan monitorear la técnica de remado. Asimismo, puede ser utilizado por atletas convencionales y con discapacidad motora inferior, siendo posible su uso en atletas con otros tipos de discapacidades siempre que se utilicen las adaptaciones correspondientes y se brinde la asistencia que sea necesaria. La geometría del sistema de entrada y salida (escalera) cumple con la norma de diseño accesible ADA 1008.3 *Transfer Systems*. Por otra parte, un aporte del simulador es proporcionar: un entorno similar al de aguas abiertas y un entorno controlado para realizar estudios científicos y/o deportivos.

Las consolas electrónicas y el aplicativo de escritorio cumplen con los requerimientos de seguridad, energía, visualización de la información, entre otros. Las consolas electrónicas utilizan voltajes de 3-5 V con una duración de al menos 5 horas y se comunican por *Bluetooth* con el aplicativo de escritorio. Asimismo, los componentes electrónicos están recubiertos con carcasas con una protección IP54. El aplicativo de escritorio permite obtener, procesar, mostrar y almacenar los datos de velocidad, aceleración, fuerza, número de paladas, caracterización de cada palada, entre otros, durante el entrenamiento. Finalmente, el sistema de cámaras obtiene la geometría de la técnica de remado para estudios posteriores.

Se cumplió con el objetivo de estudiar la técnica de remado de *Va'a* cualitativamente y cuantitativamente, a partir de una búsqueda en la literatura y artículos científicos. Asimismo, se

realizó una prueba de velocidad de 200 m en aguas abiertas. Los atletas convencionales más veloces ejecutan una técnica parecida a lo que indican los manuales; sin embargo, los atletas de *Para Va'a* presentan errores en las 3 etapas de remado. En primer lugar, en la etapa de ataque, flexionan aprox. 15° grados más el tronco que lo estándar en la técnica Tahitiana. En segundo lugar, al final de la etapa de potencia, flexionan el hombro de forma exagerada (aprox. 15° menor), lo que provoca que la posición final de la pala este detrás de la cadera, lo cual es un error. Por último, en la etapa de recuperación, utilizan aproximadamente un 10% más de tiempo del ciclo de palada, respecto de los remadores profesionales. Por otro lado, el estudio permitió conocer, las dificultades de instalar los equipos electrónicos y de obtener los datos correspondientes. El entorno poco controlado no permitió la correcta calibración de las cámaras, por lo que se obtuvieron los ángulos de ejecución a partir de la proyección de los centros articulares en el plano sagital y correcciones visuales. Se concluye que la prueba de velocidad sería más conveniente realizarla en el simulador. Las cámaras podrían ensamblarse sin descalibrarse, y añadiendo los sensores de fuerza y de alcance de remado, se presume que se obtendrían valores cinemáticos, de fuerza de remado y ángulos de ejecución más apropiados respecto de los artículos recopilados, en los cuales se utilizaron ergómetros. El estudio realizado no permite una comparación con las investigaciones mostradas en el estado del arte. Esto debido a que los ángulos de ejecución obtenidos hacen referencia únicamente a un ciclo de palada, mientras que las investigaciones muestran los resultados de los ángulos promedios de toda la prueba. Se deben realizar nuevamente las pruebas de velocidad sobre el simulador y así poder comparar los resultados. Sin embargo, el objetivo del estudio sí se cumplió, pues se pudo conocer cuantitativamente, por primera vez, la técnica de remado de atletas peruanos de *Va'a* y *Para Va'a*, y experimentar las dificultades entorno a la obtención de los datos en un entorno real de competición.

b. Recomendaciones

En primer lugar, para proporcionar un entorno más parecido al de aguas abiertas, se propone calcular y estudiar la dinámica del agua al remar para rediseñar o complementar el sistema de recirculación. Puesto que no se realizó este estudio, se recomienda usar un remo que ofrezca una resistencia mínima para facilitar las paladas en la piscina.

En segundo lugar, se reconoce que es posible reducir el tamaño de las consolas electrónicas utilizando chips integrados, en lugar de los módulos. Asimismo, se podría mejorar el cálculo de la distancia recorrida, velocidad y aceleración si se fusiona la información actual con otros sensores. Se propone implementar un remo electrónico que tenga integrado un sensor IMU, el cual al combinarse con la información del sensor de proximidad permita obtener datos cinemáticos más exactos. El remo podría poseer galgas extensiométricas en la pértiga para calcular la fuerza de remado.

Por último, durante las pruebas en aguas abiertas se observó que, al remar, el agua salpicaba sobre la cámara ubicada en el plano sagital, ocasionando que por momentos se distorsionara la grabación. Por ello, se recomienda colocar micas hidrofóbicas o aplicar líquidos repelentes de gotas de agua o neblina (*GoSpot*) sobre el lente de las cámaras. Asimismo, se recomienda el uso de más cámaras alrededor del simulador para proporcionar redundancia; y así, lograr que no se pierdan los centros articulares en la captura del video. En el estado del arte, las investigaciones que se realizaron sobre los ergómetros utilizaron 7 y 12 cámaras, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

- AliExpress. (2021). *Celda de carga tipo S*.
https://es.aliexpress.com/item/32769359959.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.33eb56239zSTnX&algo_pvid=f5096f9b-a06c-47b1-a188-9bfd90bc51f8&algo_expid=f5096f9b-a06c-47b1-a188-9bfd90bc51f8-3&btsid=0bb0623216123152469195617ee878&ws_ab_test=searchweb0_0,searchw.
[Consulta: 20 de marzo de 2021]
- Americans with Disabilities Act (ADA). (2010). *Standards for Accessible Design*. Title II. Lulu.
- Anónimo. (2005). *Introduction to Hawaiian Outrigger Canoeing*. Hong Kong Paddle Club, Vernon Racing Canoe Club, Canadian Community Dragon Boat Association, O Kalani Outrigger Canoe Club, Delta Outriggers, Ocean River Paddling Club, Kihei Canoe Club, Kent Island Outrigger Canoe Club, Gibsons Paddle Club, Waikiki Yacht Club Canoe Team, False Creek Racing Canoe Club, Jude Turczynski, Kawika Sands y Rich Lagrand.
<https://static1.squarespace.com/static/5327573ae4b0934c334505ee/t/532f3ec0e4b0b4a63cc6da4e/1395605184400/IntroHawaiianOutrigger.pdf>. [Consulta: 17 de mayo de 2021]
- Arduino. (2019). *Arduino products*.
<https://www.arduino.cc/>. [Consulta: 20 de octubre de 2019]
- Arimond, G. (2012). *Canoe Stroke Efficiency*.
<https://minds.wisconsin.edu/bitstream/handle/1793/56355/arimond1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cai, Z., Senalik, A y Ross, R. (2006). *Mechanical properties of wood-based composite materials*. Chapter 12. General Technical report FPL–GTR–282.
https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr282/chapter_12_fpl_gtr282.pdf
- Calmet, M. (2 de abril de 2019). Comunicación personal sobre la situación de los atletas con discapacidad llevada a cabo en la Escuela Militar de Chorrillos.
- DFRobot. (2019). *Bluno Nano - An Arduino Nano with Bluetooth 4.0*.
<https://www.dfrobot.com/product-1122.html?search=bluno%20nano>. [Consulta: 10 de junio de 2019]
- DIN. (1979). *Rubber products; dimensional tolerances, rubber sheets and products made from sheets*. DIN 7715-5.
<https://tienda.aenor.com/norma-din-7715-5-1979-11-547908>.
- DiVa'a. (2019). *DiVa'a - World's first divisible Va'a*.
<http://www.divaa.eu/index.html>. [Consulta: 26 de junio de 2019]

- Electrónica HI-FI SAC. (2020). *Productos*.
<https://www.hifisac.com/en/>. [Consulta: 20 de agosto de 2020]
- El Peruano. (2006). *Reglamento nacional de edificación. Sección 3.2: Estructuras*. Norma E.010. 320696–320731.
https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2006_E_010.pdf
- FAI VAA. (2019). *Products*.
<http://faivaa.com/index/home.html>. [Consulta: 4 de junio de 2019]
- GitHub. (2020). *HX711: An Arduino library to interface the Avia Semiconductor HX711 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weight Scales*.
<https://github.com/bogde/HX711>. [Consulta: 17 de agosto de 2020]
- GoPro. (2019). *GoPro - Cámaras*.
<https://gopro.com/es/pe/shop/cameras>. [Consulta: 27 de junio de 2019]
- Grenn, D., Winandy, J. y Kretschmann, D. (1999). *Mechanical properties of Wood*. General Technical Report (GTR).
- Hamel, A. y Büscher, D. (2014). *Trainingsvorrichtung für Ruder-, Kajak- und Drachenboot-Sportler*.
- Ho, S., Smith, R., y O’Meara, D. (2009). Biomechanical analysis of dragon boat paddling: A comparison of elite and sub-elite paddlers. *Journal of Sports Sciences*, 27(1), 37–47. doi: 10.1080/02640410802491350.
- Hobby Components. (2020). *LiPo charging with step up boost converter module*.
<https://hobbycomponents.com/power/998-lipo-charging-with-step-up-boost-converter-module>. [Consulta: 17 de agosto de 2020]
- Holmes, T. (1981). *The Hawaiian Canoe* (Editions Limited).
<https://www.amazon.com/Hawaiian-Canoe-Tommy-Holmes/dp/0915013150>
- Inkanoa Va’a Perú. (2020). *Página principal y otros*.
<https://www.inkanoa.com/>. [Consulta: 2 de enero de 2020]
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2014). *Primera Encuesta Nacional Especializada sobre DISCAPACIDAD 2012*. Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables, Concejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad Conadis.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1171/ENEDIS%202012%20-%20COMPLETO.pdf

- Instituto Peruano del Deporte (IPD). (2018). *Plan estratégico institucional del 2016-2021*. https://sistemas.ipd.gob.pe/secgral/Transparencia/instrumentos_gestion/pei/pei_2017_2021_eva2017.pdf
- International Canoe Federation (ICF). (2021). *Página principal y otros*. <https://www.canoeicf.com/es>. [Consulta: 17 de abril de 2021]
- International Organization for Standardization (ISO). (2020). *ISO 20957-7:2020 - Stationary training equipment — Part 7: Rowing equipment, additional specific safety requirements and test methods*. <https://www.iso.org/standard/77101.html>
- Ibex Marina. (2021). *Shock Cord Brochure*. <https://www.ibexmarina.com/wp-content/uploads/2016/11/Shock-Cord-Brochure-s7.pdf>. [Consulta: 25 de julio de 2020]
- International Paralympic Committee (IPC). (2019). *Tokyo 2020 Paralympic Games. Qualification Regulations*. https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/180406100007370_Tokyo%2B2020%2BQualification%2BCriteria%2B060418.pdf
- International Va'a Federation (IVF). (2019). *Página principal y otros*. <http://www.ivfiv.org/>. [Consulta: 4 de junio de 2019]
- ISO. (2017). *Thermal cutting - Classification of thermal cuts - Geometrical product specification and quality tolerances*. ISO 9013. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9013:ed-3:v1:en>
- Jack, H. (2013). *Engineering Design, Planning, and Management*. In *Mechanical Design*, Chapter 12. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397158-6.00012-7>
- Julchen0904 (11 de diciembre de 2010). *Paddeltechnik Drachenboot*. [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=lj4WD34wFcw>
- KAMANU COMPOSITES. (2019). *Custom Ka'iwa Deposit – The Kamanu Store*. <https://store.kamanucomposites.com/collections/products/products/custom-kaiwa>. [Consulta: 4 de julio de 2019]
- KIALOA. (2020). *Outrigger Paddles, SUP, Paddleboards, Kayak, & Canoe*. <https://kialoa.com/>. [Consulta: 9 de noviembre de 2020]
- Ley N° 29088/2019, Ley de seguridad y salud en el trabajo de los estibadores terrestres y transportistas manuales. (2009). *El Peruano*, 1–9 https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/LEY%2029088%20LEY%20DE%20SEGURIDAD%20Y%20SALUD%20EN%20EL%20TRABAJO%20DE%20LOS%20ESTIBADORES%20TERRESTRES.pdf

- Ley N° 29973, Ley General de la Persona con Discapacidad (2012). *El Peruano, Congreso de la República del Perú, 24 de diciembre de 2012, 482000-482014.*
<https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29973.pdf>
- Myrtha Pools. (2019). *Página principal y otros.*
<http://www.myrthapools.com/en/solutions/rowing-pools/>. [Consulta: 15 de marzo de 2019]
- Naylamp Mechatronics. (2020). *Productos.*
<https://naylampmechatronics.com/>. [Consulta: 20 de agosto de 2020]
- NELO. (2019). *VI 7 – Nelo.*
<http://www.nelo.eu/product/v1-2/?size=l>. [Consulta: 9 de junio de 2019]
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2010). *Recomendaciones Mundiales sobre Actividad Física para la Salud.*
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44441/9789243599977_spa.pdf;jsessionid=B9278E3D73B4CB388A451AF810ABCF47?sequence=1
- PLASTEX. (2019). *VI 725 - Plastex Boats.*
<https://www.plastexboats.com/products/paracanoes/vaa/>. [Consulta: 4 de julio de 2019]
- PROMART. (2019). *Promart Homecenter ¡Compra online al mejor precio!*
<https://www.promart.pe/>. [Consulta: 3 de abril de 2019]
- Rawson, K. y Tupper, E. (2001). *Basic Ship Theory*. 5ª ed. Butterworth-Heinemann.
- Rememos Todos. (2021). *Página Principal.*
<https://www.facebook.com/rememostodos/>. [Consulta: 10 de enero de 2021]
- Rosén, J., Arndt, A., Goosey, V., Mason, B., Hutchinson, M., Tarassova, O. y Bjerkefors, A. (2019). The impact of impairment on kinematic and kinetic variables in Va'a paddling: Towards a sport-specific evidence-based classification system for Para Va'a. *Journal of Sports Sciences*, 37, 1942–1950. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1606763>
- Sealey, R., Ness, K. y Leicht, A. (2011). Effect of self-selected and induced slow and fast paddling on stroke kinematics during 1000 m outrigger canoeing ergometry. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(1), 52–58.
- SODIMAC. (2019). *¡Al agua todos con piscinas estructurales! | Sodimac.*
<https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/category/cat10654/Piscinas-Estructurales>. [Consulta: 9 de junio de 2019]
- Solymosi, F. (1994). *Training machine for rowers*. 19.
- Sparkfun Electronics. (2021). *Sparkfun Electronics products.*
<https://www.sparkfun.com/>. [Consulta: 1 de febrero de 2021]

- StandUpPaddleSurf.net (16 de mayo de 2018). *John Puakea Teaches Canoe Paddling Technique: The Catch - Part 1*. [Video].
<https://www.youtube.com/watch?v=691Mpc5ZSqQ>. [Consulta: 15 de marzo de 2019]
- Sunset Board. (2020). *Tienda Online de Surf, SUP, Bodyboard y más*.
<https://www.sunsetboard.com/>. [Consulta: 9 de setiembre de 2020]
- Tarassova, O., Bjerkefors, A., Edwards, J., Fernandes, F., Gray, J., Doga, D., Gonneaud, J., Tolfrey, P. V., Mason, B. y Hutchinson, M. (2018). *Propuesta de Clasificación Paralímpica Sistema para Va'a*. <https://rfep.es/wp-content/uploads/2018/03/Propuesta-de-Clasificación-Paralímpica.-traducción.pdf>. [Consulta: 15 de julio de 2019]
- Teledyne FLIR. (2020). *Selecting a Lens for your Camera | FLIR Systems*.
<https://www.flir.com/support-center/iis/machine-vision/application-note/selecting-a-lens-for-your-camera/>. [Consulta: 25 de marzo de 2020]
- United States Access Board. (2020). *Página principal y otros*.
<https://www.access-board.gov/>
- VDI. (1993). *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*. 06, 1–44.
- Velasquez, M. (2019). *Diseño conceptual de un simulador biomecánico de canotaje polinésico en el tipo de canoa V1 para personas con discapacidad*. (Trabajo de grado, Pontificia Universidad Católica Del Perú. Lima, Perú).
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/14745>
- Velasquez, M. y Lengua, C. (2019). *Estudio de la técnica de remado de atletas convencionales y con discapacidad en canoa polinesia del tipo V1 en el Perú*. XIV Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica. Cartagena, Colombia.
- Vidosic, J. (c1957). *Machine Design Projects*. The Ronald Press.
- Viper Va'a. (2019). *Paddles*.
<https://vipervaa.com/collections/paddles>. [Consulta: 26 de junio de 2019]
- West, S. (2014). *V1 - A Paddler's Guide*. Kanu Culture. Batini Books.
- Zatsiorsky, V. y Kraemer, W. (2006). *Science and Practice of Strength Training*. 2ª ed. Human Kinetics.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



ANEXOS

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecatrónico

AUTOR:

Mario Sebastian Velasquez Elguera

ASESOR:

Mg. César Antonio Lengua Huertas

Lima, octubre del 2021

ÍNDICE DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE TABLAS	v
ANEXO A: DISEÑO CONCEPTUAL	1
A.1 Lista de exigencias	1
A.2 Matriz morfológica	7
A.3 Concepto de solución.....	12
A.4 Evaluación técnica y económica	23
A.4.1 Evaluación técnica	23
A.4.2 Evaluación económica	24
ANEXO B: DISEÑO MECÁNICO.....	27
B.1 Remos, canoas y piscinas	27
B.2 Factor de seguridad	35
B.3 Sistema de entrada y salida	37
B.4 Sistema de flotación	57
B.5 Sistema vaivén.....	71
ANEXO C: DISEÑO ELECTRÓNICO	79
C.1 Selección de sensores de fuerza	79
C.2 Selección del microcontrolador.....	81
C.3 Selección del convertidor ADC.....	84
C.4 Selección de baterías de litio.....	85
C.5 Selección de sensores de proximidad.....	88
C.6 Códigos de programación.....	90
C.7 Sistema de cámaras	97
ANEXO D: DISEÑO SOFTWARE	100
D.1 Procesamiento de las consolas	100
D.2 Interfaz gráfica de usuario.....	106
ANEXO E: ESTUDIO DE LA TÉCNICA DE REMADO DE VA'A.....	111
ANEXO F: COSTOS	116
ANEXO G: HOJA DE DATOS DE MATERIALES, COMPONENTES MECÁNICOS Y ELECTRÓNICOS.....	119
ANEXO H: COTIZACIONES	169
ANEXO I: PLANOS.....	181

LISTA DE FIGURAS

Figura A.1. Concepto de solución preliminar 1. Fuente: Elaboración propia.	15
Figura A.2. Detalle del sistema de visualización ubicado en la cabina de la canoa. Fuente: Elaboración propia.	15
Figura A.3. Detalle de la fijación de la estructura al suelo. Fuente: Elaboración propia.	15
Figura A.4. Concepto de solución preliminar 2. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura A.5. Detalle del dispositivo electrónico colocado en el remo. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura A.6. Detalle de la fijación de la estructura al suelo. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura A.7. Concepto de solución preliminar 3. Fuente: Elaboración propia.	21
Figura A.8. Detalle del sistema de apoyo retráctil de la madera de paso. Fuente: Elaboración propia.	21
Figura A.9. Detalle de la pieza de anclaje para jardín. Fuente: Elaboración propia.	22
Figura A.10. Detalle de la ubicación de los sensores de proximidad. Fuente: Elaboración propia.	22
Figura A.11. Gráfico comparativo de la evaluación técnica. Fuente: Elaboración propia.	24
Figura A.12. Gráfico comparativo de la evaluación económica. Fuente: Elaboración propia.	25
Figura A.13. Gráfico de evaluación técnica vs económica. Fuente: Elaboración propia.	26
Figura B.1. El remo “single bend” y sus partes. Fuente: Elaboración propia.	27
Figura B.2. Fotografía capturada en Lima de la canoa V1, se indican sus partes más representativas. Fuente: Elaboración propia.	30
Figura B.3: Diseño de la cabina V1 ensamblada con iakos y ama. Fuente: Elaboración propia. .	32
Figura B.4 Consideraciones geométricas 1 de la plataforma de transferencia. Fuente: ADA (2010).	37
Figura B.5 Consideraciones geométricas 2 de la plataforma de transferencia. Fuente: ADA (2010).	37
Figura B.6 DCL de las fuerzas actuantes sobre el listón. Fuente: Elaboración propia.	39
Figura B.7 Gráfica de las fuerzas cortantes sobre la viga. Fuente: Elaboración propia.	39
Figura B.8 Gráfica de momentos flectores sobre la viga Fuente: Elaboración propia.	40
Figura B.9 (a) Esfuerzos de fluencia de Von Mises, (b) Factor de seguridad. Fuente: Elaboración propia.	42
Figura B.10 Deformaciones en la escalera. Fuente: Elaboración propia.	42
Figura B.11 DCL simplificado de la escalera. Fuente: Elaboración propia.	43
Figura B.12 Pieza de madera que conecta el puente y la escalera. Fuente: Elaboración propia. .	44
Figura B.13 Detalle del ensamble de la unión entre las bisagras, tuercas y la pieza de madera. Fuente: Elaboración propia.	45
Figura B.14 Detalle del ensamble del puente con la escalera en la vista frontal y de perfil. Fuente: Elaboración propia.	45
Figura B.15 Simplificación del puente a un sistema de vigas y apoyos. Fuente: Elaboración propia.	46
Figura B.16 Gráfica de las fuerzas cortantes sobre la viga. Fuente: Elaboración propia.	47
Figura B.17 Gráfica de momentos flectores sobre la viga. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura B.18 Esfuerzo de Von Mises de la simulación en el caso 1. Fuente: Elaboración propia. 49	

Figura B.19 Detalle del factor de seguridad mínimo de la simulación en el caso 1. Fuente: Elaboración propia.	50
Figura B.20 Deformación de la simulación en el caso 1. Fuente: Elaboración propia.	50
Figura B.21 Esfuerzo de Von Mises de la simulación en el caso 2. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura B.22 Detalle del factor de seguridad mínimo de la simulación en el caso 2. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura B.23 Deformación de la simulación en el caso 2. Fuente: Elaboración propia.	52
Figura B.24 Esfuerzo de Von Mises de la simulación en el caso 3. Fuente: Elaboración propia.	52
Figura B.25 Detalle del factor de seguridad mínimo de la simulación en el caso 3. Fuente: Elaboración propia.	53
Figura B.26 Deformación de la simulación en el caso 3. Fuente: Elaboración propia.	53
Figura B.27 Esfuerzo de Von Mises de la simulación en el caso 4. Fuente: Elaboración propia.	54
Figura B.28 Detalle del factor de seguridad mínimo de la simulación en el caso 4. Fuente: Elaboración propia.	54
Figura B.29 Deformación de la simulación en el caso 4. Fuente: Elaboración propia.	55
Figura B.30 Deformación en la simulación al aplicarse una carga perpendicular al puente. Fuente: Elaboración propia.	55
Figura B.31 Diseño de la bisagra especial. Fuente: Elaboración propia.	56
Figura B.32: Fotografía del tesista realizando la medición de la altura de la canoa no sumergida. Fuente: Elaboración propia.	58
Figura B.33: DCL de la canoa V1 completa. Fuente: Elaboración propia.	59
Figura B.34: Gráfica de calado vs fuerza de empuje de la canoa en aguas abiertas. Fuente: Elaboración propia.	60
Figura B.35: DCL de la cabina V1. Fuente: Elaboración propia.	61
Figura B.36: Plano de corte en la cabina polinesica V1 ubicado a 160 mm. Fuente: Elaboración propia.	61
Figura B.37: Secciones hueca y sólida de la cabina a partir del plano de corte. Fuente: Elaboración propia.	62
Figura B.38: Gráfica de fuerza de empuje vs calado en la cabina. Fuente: Elaboración propia.	63
Figura B.39: Comparación entre las curvas de flotación de la canoa V1 completa y la cabina. Fuente: Elaboración propia.	64
Figura B.40: Valores de la fuerza de empuje a partir del nivel de calado, evaluación gráfica. Fuente: Elaboración propia.	65
Figura B.41: Vista frontal del ensamble de la cabina con los flotadores de forma cilíndrica. Fuente: Elaboración propia.	66
Figura B.42: Vista de perfil del ensamble de la cabina con los flotadores de forma cilíndrica. Fuente: Elaboración propia.	67
Figura B.43: Plano de corte del ensamble de la cabina con los flotadores ubicado a 160 mm. Fuente: Elaboración propia.	67
Figura B.44: Secciones hueca y sólida del ensamble de la cabina con los flotadores a una distancia de 160mm. Fuente: Elaboración propia.	68
Figura B.45: Gráfica de fuerza de empuje vs calado del ensamble de la cabina con los flotadores. Fuente: Elaboración propia.	69
Figura B.46: Comparación de las gráficas de fuerza de empuje (kg-f) vs calado(mm) entre la canoa V1 y el ensamble de la cabina con los flotadores. Fuente: Elaboración propia.	70
Figura B.47: Configuración estándar de las ligas en el sistema vaivén. Fuente: Elaboración	

propia.	71
Figura B.48: Configuración estándar de las ligas en el sistema vaivén. Fuente: Elaboración propia.	72
Figura B.49: Fotografías en Lima del tesista en el experimento de fuerza de remado. Fuente: Elaboración propia.	72
Figura B.50: DCL del sistema vaivén en el instante de máxima fuerza de remado. Fuente: Elaboración propia.	74
Figura B.51: Esfuerzo a la fluencia, factor de seguridad y desplazamiento en los caballetes producidos por la fuerza de remado máxima. Fuente: Elaboración propia.	77
Figura B.52: Esfuerzo a la fluencia, factor de seguridad y desplazamiento en los caballetes producidos por una fuerza lateral. Fuente: Elaboración propia.	77
Figura C.1: Detalle de la electrónica interna de la balanza de peso. Fuente: Elaboración propia.	79
Figura C.2: Rango de operación del sensor que permite obtener el alcance de palada. Fuente: Elaboración propia.	89
Figura C.3: Fotografía de los accesorios de la cámara GoPro y su ensamble. Fuente: Elaboración propia.	97
Figura C.4: Detalle del ensamble entre la placa inferior y la cámara. Fuente: Elaboración propia.	98
Figura C.5: Diseño en Autodesk Inventor de la cabina de canoa V1. Fuente: Teledyne FLIR (2020).	98
Figura D.1: Pseudocódigo del procesamiento de la consola de fuerza. Fuente: Elaboración propia.	100
Figura D.2: Detalle del alcance de palada del atleta. Fuente: Elaboración propia.	101
Figura D.3: Pseudocódigo del procesamiento de la consola de proximidad (tipo libre). Fuente: Elaboración propia.	103
Figura D.4: Pseudocódigo del procesamiento de la consola de proximidad (tipo asistido). Fuente: Elaboración propia.	104
Figura D.5: Interfaz de inicio del sistema. Fuente: Elaboración propia.	106
Figura D.6: Ventana de proceso de usuario del simulador. Fuente: Elaboración propia.	107
Figura D.7: Ventana “Nuevo Entrenamiento”. Fuente: Elaboración propia.	108
Figura D.8: Emparejamiento de los accesorios. Fuente: Elaboración propia.	109
Figura D.9: Setear accesorios. Fuente: Elaboración propia.	110
Figura E.1: Fotografías de atleta peruano de Va’a en la etapa de ataque. Fuente: Elaboración propia.	112
Figura E.2: Fotografías de atleta peruano de Va’a en la etapa de potencia. Fuente: Elaboración propia.	113
Figura E.3: Fotografías de atleta peruano de Va’a en la etapa de potencia. Fuente: Elaboración propia.	113
Figura E.4: Técnica de remado según Arimond. Fuente: Elaboración propia a partir de Arimond (2012).	115

LISTA DE TABLAS

Tabla A.1. Lista de exigencias del diseño del simulador de Va'a.	2
Tabla A.2. Matriz morfológica del dominio mecánico.	7
Tabla A.3. Matriz morfológica del dominio electrónico y de procesamiento de los accesorios. ...	9
Tabla A.4. Matriz morfológica del dominio electrónico y de procesamiento del sistema de visualización.	10
Tabla A.5. Evaluación técnica del diseño de los conceptos preliminares.	23
Tabla A.6. Evaluación económica del diseño de los conceptos preliminares.	25
Tabla B.1. Características de los remos de Va'a internacionales y nacionales.	28
Tabla B.2: Medidas de los remos.....	29
Tabla B.3. Características de las canoas del tipo V1 de Va'a extranjeras y nacionales.	31
Tabla B.4: Medidas geométricas externas de las canoas V1 nacionales.	32
Tabla B.5: Resumen de características geométricas de la cabina V1 y profundidad de remado..	33
Tabla B.6 Listado de piscinas rectangulares estructurales comerciales.	33
Tabla B.7 Dimensiones geométricas del diseño de la escalera.....	38
Tabla B.8 Propiedades mecánicas del triplay fenólico.	38
Tabla B.9 Resultados de la simulación.	43
Tabla B.10 Características de la garrucha seleccionada.	44
Tabla B.11: Propiedades mecánicas de la madera Pino Americano.	46
Tabla B.12: Lista de canoas V1 y la masa del usuario máxima que resisten.	57
Tabla B.13: Mediciones experimentales de los componentes.	59
Tabla B.14: Cálculo computacional de la fuerza de empuje a partir de diferentes niveles de calado.	62
Tabla B.15: Listado de componentes y la masa aproximada que ejercen.	63
Tabla B.16: Listado de componentes y la masa aproximada que ejercen.	67
Tabla B.17: Cálculo computacional de la fuerza de empuje a partir de diferentes niveles de calado.	68
Tabla B.18: Resultados del experimento de fuerza de remado en remeros de Va'a.	73
Tabla B.19: Fuerza ejercida por cuerdas de distinto diámetro a partir de su elongación.	75
Tabla B.20: Descomposición de la fuerza de remado ejercida sobre cada listón de madera.	76
Tabla C.1: Listado de sensores de fuerza.....	80
Tabla C.2: Características de la celda de carga seleccionada.	81
Tabla C.3: Listado de microcontroladores comerciales.....	81
Tabla C.4: Listado de módulos bluetooth comerciales.	82
Tabla C.5: Listado de microcontroladores con Bluetooth integrado.	84
Tabla C.6: Características del ADC HX711.	85
Tabla C.7: Consumo de energía de los componentes del accesorio medidor de fuerza.	86
Tabla C.8: Propiedades del cargador y elevador de voltaje J5019.	87
Tabla C.9: Características de la batería de litio comercial.....	87
Tabla C.10: Consumo de energía de los componentes del accesorio medidor del alcance de palada.	88
Tabla C.11: Listado de sensores de proximidad.	89
Tabla C.12: Características de la cámara seleccionada.	97
Tabla F.1: Costos del sistema de entrada y salida.	116

Tabla F.2: Costos del sistema de flotación.	117
Tabla F.3: Costos del sistema de recirculación.....	117
Tabla F.4: Costos del sistema vaivén.....	118





ANEXO A: DISEÑO CONCEPTUAL

El diseño de la presente tesis se desarrolla mediante la metodología de diseño alemana VDI 2221 “*Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*” (1993). En primer lugar, se presentará la lista de exigencias. En segundo lugar, se plantea la matriz morfológica en los dominios mecánico, electrónico y de procesamiento. En tercer lugar, se redactan los conceptos preliminares. Finalmente, se realiza un análisis técnico y económico que permite hallar el diseño conceptual final.

A.1 Lista de exigencias

Se presenta el cuadro de lista de exigencias del diseño conceptual en la tabla A.1. Este es un documento, entre el cliente y el diseñador, en el cual se listan las especificaciones del proyecto a realizar.

Tabla A.1. Lista de exigencias del diseño del simulador de Va'a.

LISTA DE EXIGENCIAS			Página 1/5
			Versión 1.0
Proyecto:		DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	Fecha: 21/03/2019
Cliente:		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Revisado: C.A.L.H Elaborado: M.S.V.E
Fecha (cambios)	Exigencia o deseo	Descripción	Responsable
15/06/2020	E	FUNCIÓN PRINCIPAL:	M.S.V.E
		<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar un entorno para entrenar Va'a en el tipo de canoa V1 en una piscina y diseñar accesorios que permitan obtener información sobre la técnica de remado (ángulos de ejecución, velocidad y fuerza de remado). 	
15/06/2020	E	SIMULADOR DE ENTORNO: <ul style="list-style-type: none"> - Condiciones acuáticas similar al de aguas tranquilas. - Instalación del simulador sobre una piscina estructural comercial. - El diseño permite el movimiento vaivén producido al remar e incluye un sistema de recirculación de flujo. 	M.S.V.E
15/06/2020	E D	GEOMETRÍA: <ul style="list-style-type: none"> - Área máxima de instalación de 10m x 10m. - Se cumple geoméricamente con los estándares ADA 304.3 - "Turning Space - Size" (2010). El simulador se ubica en un espacio apropiado que permite el ingreso de una atleta con discapacidad motora inferior (muletas y/o silla de ruedas) al simulador. 	M.S.V.E

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.1. Continuación - Lista de exigencias del diseño del simulador de Va'a.

LISTA DE EXIGENCIAS			Página 2/5
			Versión 1.0
Proyecto:		DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	Fecha: 21/03/2020
Cliente:		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Revisado: C.A.L.H Elaborado: M.S.V.E
Fecha (cambios)	Exigencia o deseo	Descripción	Responsable
15/06/2020	E	USO: - El simulador puede ser utilizado por atletas calificados, personas convencionales o atletas con discapacidad motora inferior.	M.S.V.E
15/06/2020	E	MATERIALES: - Los componentes del simulador no deben deteriorarse significativamente u oxidarse al contacto con el agua.	M.S.V.E
15/06/2020	D	FABRICACIÓN Y ENSAMBLE: - Los componentes del simulador son accesibles y reemplazables dentro del territorio nacional. - Tiempo de ensamble e instalación de los componentes del simulador < 2 horas.	M.S.V.E
15/06/2020	D	TRANSPORTE Y REPLICABILIDAD: - El simulador es de fácil transporte y puede ser implementado en otras piscinas de similares dimensiones. - Los accesorios de adquisición y visualización de datos podrían adaptarse a la práctica deportiva en aguas abiertas.	M.S.V.E

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.1. Continuación - Lista de exigencias del diseño del simulador de Va'a.

LISTA DE EXIGENCIAS			Página 3/5
			Versión 1.0
Proyecto:		DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	Fecha: 21/03/2020
Cliente:		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Revisado: C.A.L.H Elaborado: M.S.V.E
Fecha (cambios)	Exigencia o deseo	Descripción	Responsable
15/06/2020	E	OPERACIÓN: - Temperatura de operación (10°C – 35°C). - Masa corporal máxima del usuario 110 kg.	M.S.V.E
15/06/2020	E D	ERGONOMÍA Y SEGURIDAD: - El diseño del sistema mecánico permite un ingreso, remado y salida de forma segura y confiable. Se cumple geoméricamente con los estándares ADA 1008.3 - “Transfer Systems” (2010). - Los accesorios no presentan riesgos de descarga eléctrica. El voltaje de operación no es significativo ni perjudicial al contacto directo. - Recubrimiento de las partes electrónicas en contacto con el agua y polvo. (norma EN 60529 con un grado de protección IP54).	M.S.V.E
15/06/2020	E	ENERGÍA: - Los componentes electrónicos se alimentan con baterías y/o pilas recargables (3V-9V). - Tiempo de duración de las baterías > 3 horas.	M.S.V.E

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.1. Continuación - Lista de exigencias del diseño del simulador de Va'a.

LISTA DE EXIGENCIAS			Página 4/5
			Versión 1.0
Proyecto:		DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	Fecha: 21/03/2020
Cliente:		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Revisado: C.A.L.H Elaborado: M.S.V.E
Fecha (cambios)	Exigencia o deseo	Descripción	Responsable
15/06/2020	E	SENSORES: - Se registra la velocidad (máximo 25 km/h), fuerza (máximo 490.5 N) y los ángulos de ejecución de la técnica de remado.	M.S.V.E
15/06/2020	E	COMUNICACIÓN: - La interfaz y los accesorios se comunican de forma inalámbrica.	M.S.V.E
15/06/2020	E	SEÑALES: Entrada: - Accionamiento de encendido y apagado. Salida: - Indicador de encendido y apagado. - Indicador de sincronización del sistema. - Indicador del estado de la fuente de alimentación de los accesorios.	M.S.V.E
15/06/2020	E	INTERFAZ: - Visualización de los datos de velocidad y fuerza de los accesorios. - Visualización de los ángulos de ejecución producidos al remar.	M.S.V.E

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.1. Continuación - Lista de exigencias del diseño del simulador de Va'a.

LISTA DE EXIGENCIAS			Página 5/5
			Versión 1.0
Proyecto:		DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	Fecha: 21/03/2020
Cliente:		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Revisado: C.A.L.H Elaborado: M.S.V.E
Fecha (cambios)	Exigencia o deseo	Descripción	Responsable
15/06/2020	D	MANTENIMIENTO: <ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento diario de los componentes electrónicos. Duración aproximada de 5min. - Mantenimiento integral del simulador cada 15 días. 	M.S.V.E
15/06/2020	E	COSTOS: <ul style="list-style-type: none"> - El costo total de fabricación del simulador tendrá como máximo un total de S/. 25 000,00. 	M.S.V.E

Fuente: Elaboración propia.

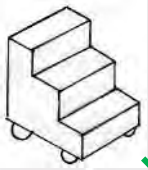

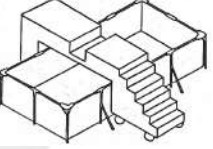

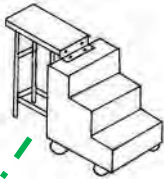




A.2 Matriz morfológica

La matriz morfológica es una técnica que permite obtener los conceptos preliminares a partir de la combinación de propuestas que permitan realizar las funciones establecidas en cada dominio: mecánico, electrónico y de control o procesamiento.

Matriz morfológica del dominio mecánico

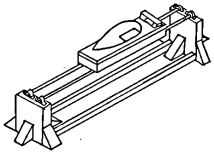
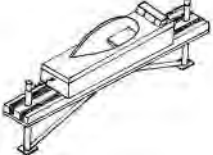
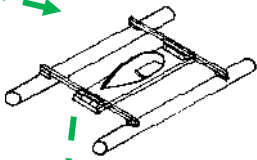
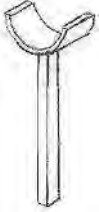
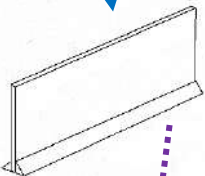


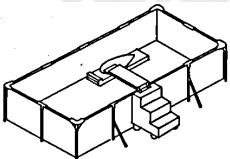
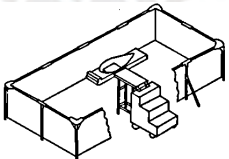
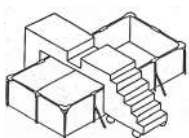
En la tabla A.2 se muestra la matriz morfológica correspondiente al dominio mecánico.

Tabla A.2. Matriz morfológica del dominio mecánico.

Tipo	Función	● Solución 1	● Solución 2	● Solución 3
MECÁNICO	Elevar atleta	Escalera con ruedas 	Elevador de tijera electrónico y manual 	Escalera y estructura encima de la piscina 
	Trasladar atleta	Puente apoyado sobre el asiento de la cabina 	Puente apoyado en su extremo 	
	Iniciar remado	Fuerza humana 		
	Soportar sistema	Piscina estructural rectangular 	Piscina estructural redonda 	Piscina estructural ovalada 

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.2: Continuación - Matriz morfológica del dominio mecánico.



















Tipo	Función	● Solución 1	● Solución 2	● Solución 3
MECÁNICO	Trasladar canoa	Guías y rodamientos 	Guías y ruedas 	Sistema flotante 
	Guiar canoa			Guías de madera 
	Recircular agua	Divisores de flujo 		
	Retornar canoa	Resortes 	Combinación de cuerdas rígidas y bandas elásticas 	
	Salir del simulador	Escalera y puente apoyado sobre el asiento 	Escalera y puente apoyado en su extremo 	Escalera y estructura encima de la piscina 

Fuente: Elaboración propia.

Matriz morfológica del dominio electrónico y de procesamiento






En la tabla A.3 se muestra la matriz morfológica correspondiente al dominio electrónico y de procesamiento de los accesorios electrónicos que registran la técnica de remado.

Tabla A.3. Matriz morfológica del dominio electrónico y de procesamiento de los accesorios.

Tipo	Función	● Solución 1	● Solución 2	● Solución 3
ENERGÍA	Almacenar energía	Pilas 	Batería de litio 	Cargador de celular portátil 
	Proporcionar energía	Pulsador on/off 	Switch on/off 	
	Regular energía	Módulo TP4056  Módulo Boost Converter 	Resistencias y capacitores 	
SENSORES	Registrar parámetros cinemáticos	Sensor inercial 	Sensor de proximidad 	
	Registrar fuerza de remado	Galgas extensiométricas 	Celdas de carga 	
	Registrar captura de movimiento	Cámara de video 	Kinect Xbox 	Cámara Modulo V2-8 
PROCESAMIENTO	HARDWARE Procesar datos sensados	Arduino nano 	Arduino mini 	Módulo ESP32 (Wifi/Bluetooth) 

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.3: Continuación - Matriz morfológica del dominio electrónico y de procesamiento de los accesorios.

Tipo	Función	● Solución 1	● Solución 2	● Solución 3
PROCESAMIENTO	SOFTWARE Calcular velocidad, aceleración y fuerza de remado	Código C (Interfaz arduino) 		
	SOFTWARE Procesar información de los videos	Software KINOVEA 	SkillSpector	
COMUNICACIÓN	Sincronizar y transmitir datos	Módulo Bluetooth 4.0 	Arduino Bluno Nano 	Módulo ESP32 (Wifi/Bluetooth) 

Fuente: Elaboración propia.


















En la tabla A.4 se muestra la matriz morfológica correspondiente al dominio electrónico y de procesamiento del sistema de visualización del simulador.

Tabla A.4. Matriz morfológica del dominio electrónico y de procesamiento del sistema de visualización.

Tipo	Función	● Solución 1	● Solución 2	● Solución 3
ENERGÍA	Almacenar energía	Pilas 	Batería de litio 	Aplicación de escritorio 
	Proporcionar energía	Pulsador on/off 	Switch on/off 	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.4: Continuación - Matriz morfológica del dominio electrónico y de procesamiento del sistema de visualización.

Tipo	Función	● Solución 1	● Solución 2	● Solución 3
ENERGÍA	Regular energía	Módulo TP4056  Módulo Boost Converter 	Resistencias y capacitores 	 Aplicación de escritorio 
	COMUNICACIÓN	Sincronizar y recibir data Módulo Bluetooth 4.0 	Módulo ESP32 (Wifi/Bluetooth) 	
PROCESAMIENTO	Procesar datos recibidos Arduino nano 			
VISUALIZACIÓN	Ingresar parámetros	Pantalla Táctil 	Teclado matricial 	
	Mostrar datos		I2C LCD 	
	Guardar información	Micro-SD 		
	Indicar estados del sistema	Leds 		

Fuente: Elaboración propia.

A.3 Concepto de solución

En esta sección, se exponen los 3 conceptos preliminares que se derivaron de las alternativas señaladas en la matriz morfológica, los cuales se explicarán a partir del procedimiento a seguir en un entrenamiento convencional para cada propuesta. Finalmente, se realiza un análisis técnico y económico que permite obtener la solución óptima.

Concepto preliminar 1

En la figura A.1, se muestra el dibujo del concepto preliminar 1 y sus componentes. A continuación, se redacta el procedimiento para entrenar canotaje polinésico en el diseño propuesto.

1) Acondicionamiento del simulador:

En primer lugar, se comprueba el adecuado volumen de agua en la piscina. En segundo lugar, se ubica el sistema de cámaras sobre los puntos de referencia en el suelo y se considera una altura estándar para todos los atletas. En tercer lugar, se encienden las cámaras ubicadas en los planos frontal y perfil del simulador biomecánico. En cuarto lugar, se comprueba el posicionamiento del sistema de recirculación y de la cabina de la canoa. Finalmente, se ubica el dispositivo de visualización (ver figura A.2).

2) Entrar al simulador:

El atleta ingresa a la cabina del simulador mediante una escalera y puentes de madera. La escalera presenta ruedas que facilitan su transporte. En primer lugar, se despliega el puente que conecta la escalera con la cabina de la canoa. Este se apoya en su extremo sobre el asiento de la cabina. En segundo lugar, el atleta se sienta sobre el primer peldaño mirando en sentido opuesto al simulador (mirando hacia el eje y). Después empieza a subir sentado de espaldas apoyándose sobre las

agarraderas. En cuarto lugar, cuando llega al peldaño final, gira en sentido horario 90° y empieza a moverse longitudinalmente sobre el puente. Finalmente, el atleta llega al asiento, se inclina hacia un costado y despliega el puente.

3) Práctica deportiva:

El atleta enciende el dispositivo de visualización e ingresa los datos de entrada mediante un teclado matricial. Después, el deportista recibe un remo especial que tiene integrado 2 sensores (un sensor inercial y galgas extensiométricas en la parte inferior de la pértiga). A continuación, lo enciende y automáticamente se sincroniza con el sistema de visualización. Espera la orden de los instructores para empezar con el entrenamiento y el experimento. Al remar las guías y rodamientos ubicados debajo de la cabina soportan el peso del deportista y a su vez dirigen su dirección en el eje x (restringiendo el giro de la canoa). Asimismo, en los extremos de las guías se ubican resortes que permiten retornar la cabina a su posición inicial. De esta forma se garantiza el efecto vaivén al remar. Las planchas de madera laterales, posicionadas en el fondo de la piscina, permiten la división del flujo de agua y una recirculación apropiada. La estructura del sistema se encuentra fija al suelo con anclajes (ver figura A.3).

4) Capturar, almacenar y procesar información:

La captura y visualización de los ángulos de ejecución y los parámetros cinemáticos de la técnica de remado se realiza mediante 2 sistemas:

- Sistemas de captura de movimiento:

Como se redactó previamente la captura de movimiento se realizará por medio de un sistema

de cámaras. Se ubican las 2 cámaras en los planos mencionados y empieza la grabación del atleta durante su entrenamiento. La información registrada se graba en la tarjeta *microSD* propia de la cámara. Cuando culmina el entrenamiento, se utiliza el software de *KINOVEA* para procesar los videos registrados. Finalmente se observa la ejecución de la técnica y se generan las curvas cinemáticas y los ángulos de ejecución pertinentes.

- Sistema electrónico:

El remo electrónico permite obtener los parámetros cinemáticos de aceleración y ángulos de giro mediante un sensor inercial MPU9250 que tiene integrado. Asimismo, posee galgas extensiométricas, las cuales miden la fuerza de remado a partir de los esfuerzos transmitidos por la mano al sujetar la pértiga. El microcontrolador seleccionado para el procesamiento de la información es el ESP32. Este microcontrolador permite enviar los datos mediante una comunicación inalámbrica *Wifi* al sistema de visualización, el cual también posee otro microcontrolador ESP32. El sistema de visualización recibe, procesa y muestra los parámetros del remado en la pantalla *I2C LCD*. Finalmente es posible guardar los datos registrados en la tarjeta *microSD* del sistema. Los dispositivos electrónicos se alimentan mediante baterías de litio de 3.7V y reguladores de voltaje.

5) Salir del simulador:

El atleta sale de simulador mediante la escalera de entrada. El puente se despliega al asiento, se coloca sobre este y empieza a avanzar sentado de forma longitudinal. Finalmente, baja las escaleras sentado ayudándose de las agarraderas.

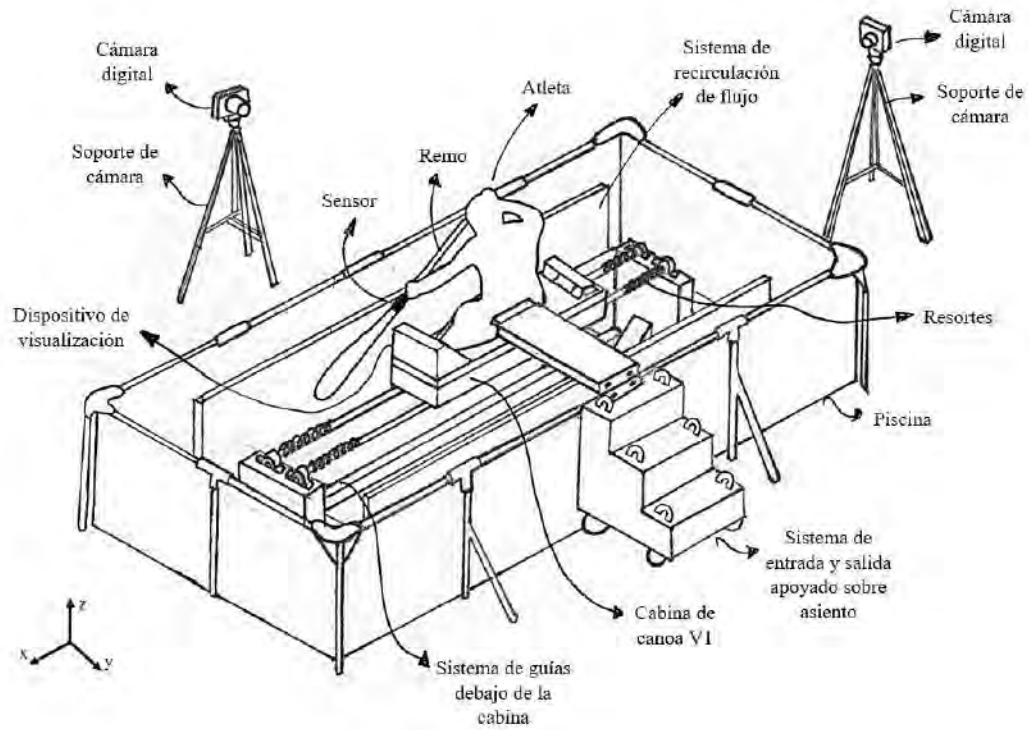


Figura A.1. Concepto de solución preliminar 1. Fuente: Elaboración propia.

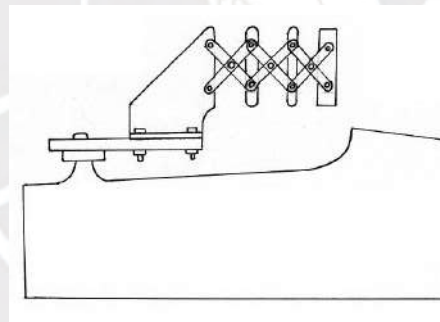


Figura A.2. Detalle del sistema de visualización ubicado en la cabina de la canoa. Fuente: Elaboración propia.

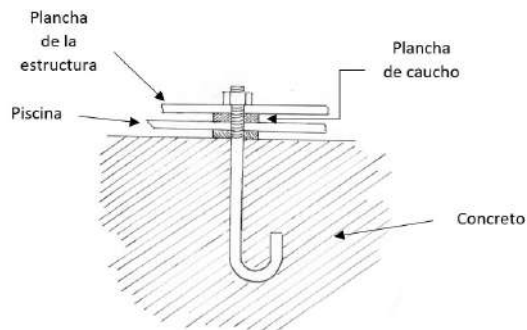


Figura A.3. Detalle de la fijación de la estructura al suelo. Fuente: Elaboración propia.

Concepto preliminar 2

En la figura A.4, se muestra el dibujo del concepto preliminar 2 y sus componentes.

1) Acondicionamiento y entrada al simulador:

Estos procedimientos se realizan de la misma forma que en el concepto preliminar 1.

2) Práctica deportiva:

En primer lugar, el atleta enciende el sistema de visualización e ingresa los datos de entrada mediante una pantalla táctil. Asimismo, debe encender el dispositivo que procesa la información de las celdas de carga ubicadas detrás de la cabina sujeta por ambos resortes. En segundo lugar, el deportista recibe un remo, en el cual se ha ensamblado un dispositivo electrónico (ver figura A.5). En tercer lugar, lo enciende y automáticamente se sincroniza con el sistema de visualización. Finalmente, espera la orden de los instructores para empezar con el entrenamiento. Al remar las guías de madera y las ruedas ubicadas debajo de la cabina soportan el peso del deportista y a su vez dirigen su dirección en el eje x (restringiendo el giro de la canoa). Las planchas de madera laterales, posicionadas en el fondo de la piscina, permiten la división del flujo de agua y una recirculación apropiada. La estructura del sistema se encuentra fijada al suelo (ver figura A.6).

3) Capturar, almacenar y procesar información:

La captura y visualización de los ángulos de ejecución y los parámetros cinemáticos de la técnica de remado se realiza mediante 2 sistemas:

- Sistemas de captura de movimiento:

Se utiliza un sistema de cámaras igual al desarrollado en el concepto preliminar 1.

- Sistema electrónico:

Los parámetros cinemáticos se obtienen mediante un dispositivo electrónico que se ensambla a la pértiga del remo, el cual presenta un sensor inercial MPU9250. Este sensor mide las aceleraciones y los ángulos de giros al remar. Por otra parte, se coloca una celda de carga a los resortes que sujetan a la cabina en la parte posterior. De esta forma se mide indirectamente la fuerza de remado. Se utiliza el microcontrolador Arduino nano para el procesamiento y se envían los datos por medio de una comunicación *Bluetooth* con el módulo AT-09. El sistema de visualización recibe la data por medio de otro módulo *Bluetooth* AT-09 y procesa la información con su microcontrolador Arduino nano. Finalmente, se muestran los parámetros del remado utilizando una pantalla táctil y se guardan los datos registrados en la tarjeta *microSD* del sistema. Los dispositivos electrónicos se alimentan mediante baterías de litio de 3.7V y reguladores de voltaje.

- 4) Salir del simulador:

El proceso para salir del simulador es el mismo redactado en el concepto preliminar 1.

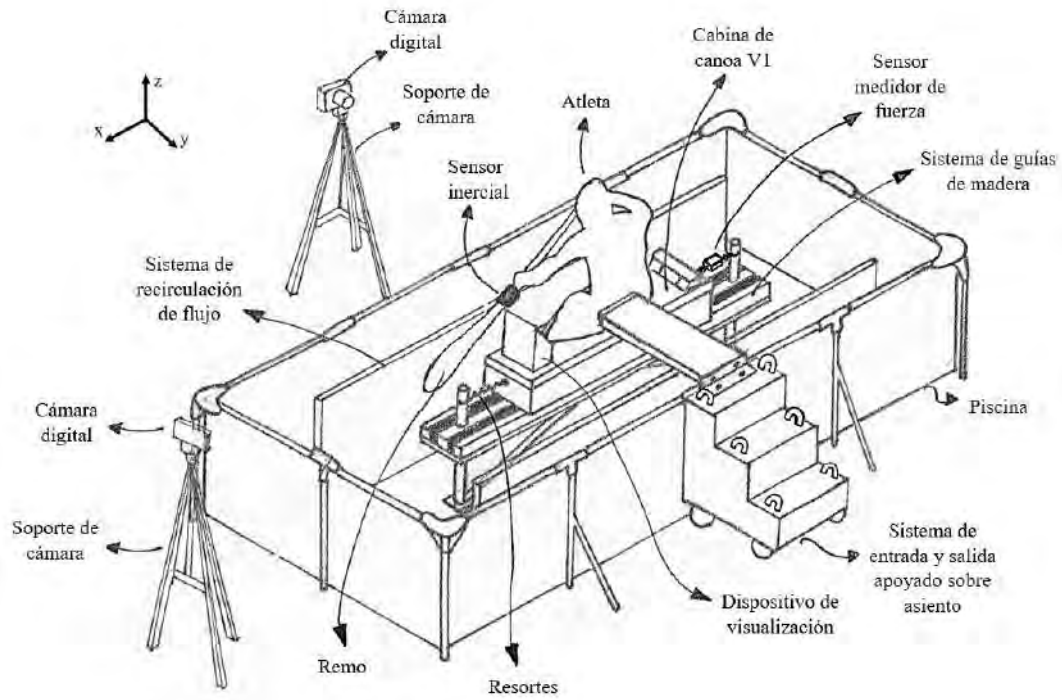


Figura A.4. Concepto de solución preliminar 2. Fuente: Elaboración propia.

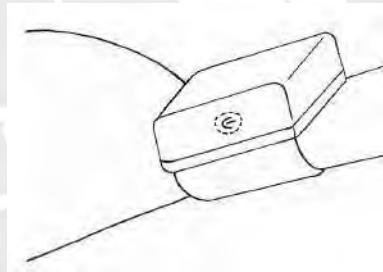


Figura A.5. Detalle del dispositivo electrónico colocado en el remo. Fuente: Elaboración propia.

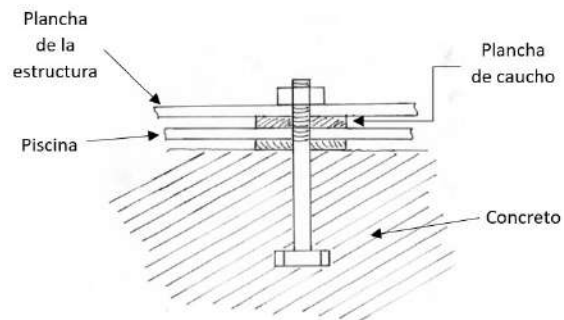


Figura A.6. Detalle de la fijación de la estructura al suelo. Fuente: Elaboración propia.

Concepto preliminar 3

En la figura A.7, se muestra el dibujo del concepto preliminar 3 y sus componentes.

1) Acondicionamiento del simulador:

Este procedimiento se realiza de la misma forma que en el concepto preliminar 1. Sin embargo, el sistema de visualización es una aplicación instalada en una laptop o tableta.

1) Entrar al simulador:

El atleta ingresa a la cabina del simulador mediante una escalera con ruedas y un puente. En primer lugar, se despliegan los soportes del puente (ver figura A.8) y se coloca toda la estructura al lado del asiento de la cabina. En segundo lugar, el atleta se sienta sobre el primer peldaño de la escalera mirando en sentido opuesto al simulador (eje y). En tercer lugar, empieza a subir apoyándose con las agarraderas. En cuarto lugar, al llegar al peldaño final, gira en sentido horario 90° y empieza a trasladarse longitudinalmente sobre el puente hasta llegar al asiento. Finalmente, el entrenador o una persona de apoyo desdobra los soportes y retira el puente.

2) Práctica deportiva:

El entrenador ingresa los datos de entrada en un aplicativo de *software*. Después, se encienden las 2 consolas electrónicas. Por un lado, se enciende la consola en la cual se conecta la celda de carga y, por otro lado, la consola en la cual se conectan los sensores de proximidad (ver figura A.10). Luego, el atleta espera la indicación del entrenador para empezar con el entrenamiento. Al remar la cabina de la canoa y los flotadores soportan el peso del atleta. Las ligas atadas en los extremos y las guías de los flotadores dirigen la dirección del movimiento en el eje x, restringiendo el giro

de la canoa. Las ligas se amarran a anclajes de jardín ubicados en el suelo (ver figura A.9). Las planchas de madera ubicadas a los costados de la piscina permiten la división del flujo de agua y una recirculación apropiada.

3) Capturar, almacenar y procesar información:

La captura y visualización de los ángulos de ejecución y los parámetros cinemáticos de la técnica de remado se realiza mediante 2 sistemas:

- Sistemas de captura de movimiento:

Se utiliza un sistema de cámaras igual al desarrollado en el concepto preliminar 1.

- Dispositivo electrónico:

Los parámetros cinemáticos se obtienen mediante una consola electrónica ubicada sobre los tubos que conectan la cabina con los flotadores. Esta consola presenta sensores de proximidad que permiten registrar el alcance de remado, y así calcular la velocidad y aceleración de forma indirecta (ver figura A.9). Por otra parte, la segunda consola procesa los datos de la celda de caga. La celda de carga está ensamblada entre las ligas que sujetan a la cabina en la parte posterior y al anclaje para jardín. De esta forma, se mide indirectamente la fuerza de remado. Ambas consolas se alimentan mediante baterías de litio de 3.7V y reguladores de voltaje. Además, utilizan el microcontrolador ESP32 para el procesamiento y envío de los datos por medio de una comunicación *Bluetooth*. El aplicativo de *software* recibe la información de ambas consolas por *Bluetooth* y realiza el procesamiento correspondiente. Finalmente, los parámetros de remado sensados se muestran en el aplicativo desarrollado.

4) Salir del simulador:

El atleta se retira del simulador mediante la escalera y puente. El entrenador despliega los soportes del puente y lo acerca a la cabina. El atleta se sienta sobre el puente y empieza a avanzar sentado en forma longitudinal. Finalmente, baja las escaleras sentado ayudándose de las agarraderas.

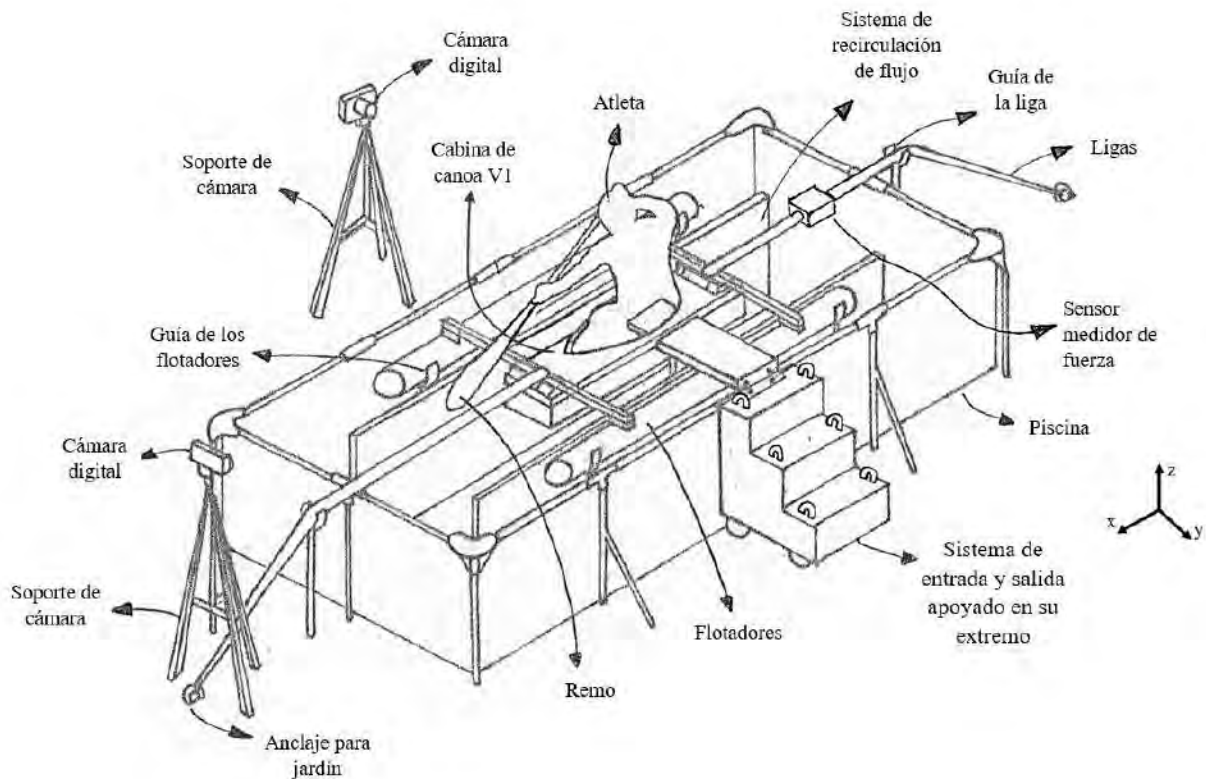


Figura A.7. Concepto de solución preliminar 3. Fuente: Elaboración propia.

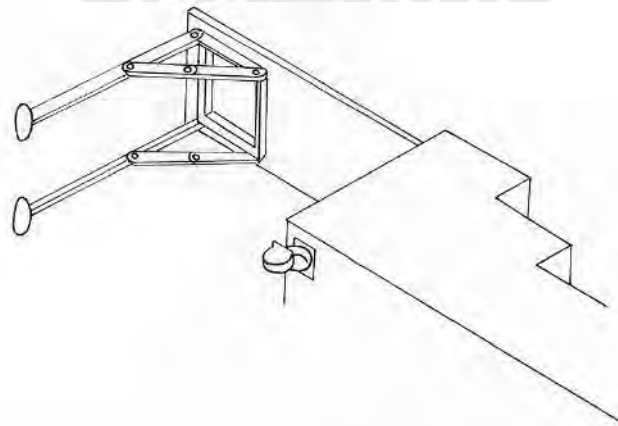


Figura A.8. Detalle del sistema de apoyo retráctil de la madera de paso. Fuente: Elaboración propia.



Figura A.9. Detalle de la pieza de anclaje para jardín. Fuente: Elaboración propia.

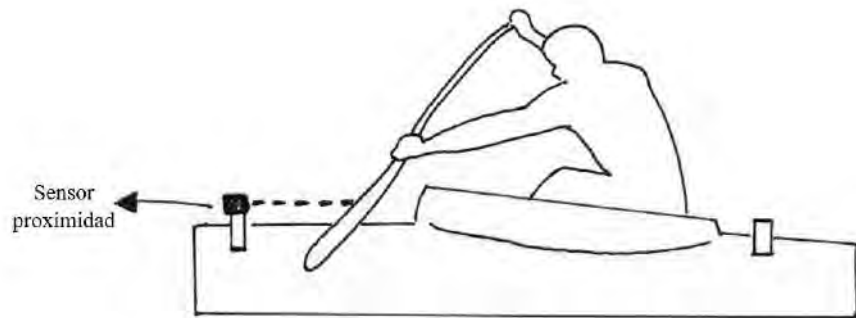


Figura A.10. Detalle de la ubicación de los sensores de proximidad. Fuente: Elaboración propia.



A.4 Evaluación técnica y económica

De acuerdo con la metodología de diseño VDI 2221, se realiza una evaluación técnica y económica para seleccionar el diseño conceptual óptimo.

A.4.1 Evaluación técnica

Los criterios para la evaluación técnica de los conceptos preliminares se listan en orden de prioridad (ver tabla A.5). La seguridad es el criterio de mayor importancia, debido a que se debe garantizar no hacer daño al usuario. Los siguientes criterios están relacionados con la complejidad de la implementación, modularidad y mantenimiento de los sistemas mecánicos, electrónicos y de programación.

Tabla A.5. Evaluación técnica del diseño de los conceptos preliminares.

Evaluación de los conceptos de solución– Valor Técnico (Xi)											
Descripción:											
<p>p: puntaje de 1 al 10 1-3: Totalmente inadecuado 4: Inadecuado 5: Poco adecuado 6: Medianamente Adecuado 7: Adecuado 8: Muy adecuado 9: Óptimo 10: Ideal g: peso ponderado en función de la importancia de los criterios de evaluación</p>											
Variantes de Concepto / Proyectos				S1		S2		S3		S ideal	
N°	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	
1	Seguridad	4	9	36	9	36	9	36	10	40	
2	Funcionamiento	4	8	32	8	32	8	32	10	40	
3	Complejidad implementación mecánica	4	4	16	5	20	7	28	10	40	
4	Complejidad implementación electrónica y programación	4	4	16	7	28	8	32	10	40	
5	Modularidad	3	5	15	5	15	7	21	10	30	
6	Mantenimiento	3	5	15	4	12	7	21	10	30	
Suma total				130		143		170		220	
Valor técnico Xi				0.59		0.65		0.77		1	
Orden				3		2		1			

Fuente: Elaboración propia.

En la figura A.11, se muestra el gráfico comparativo de la evaluación técnica de los 3 conceptos de solución preliminares.

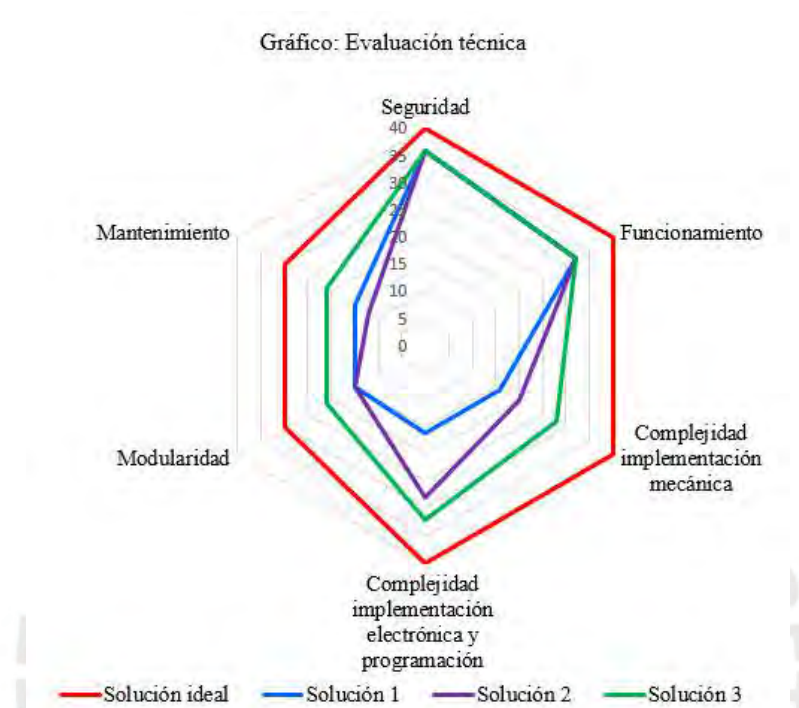


Figura A.11. Gráfico comparativo de la evaluación técnica. Fuente: Elaboración propia.

A.4.2 Evaluación económica

La evaluación económica de los conceptos preliminares se determina en base a los criterios de evaluación indicados en la tabla A.6. Los costos mecánicos, electrónicos y de control no deben superar el costo planteado en la lista de exigencias. Asimismo, el mantenimiento (renovación o cambio) de los sistemas del simulador no debería representar un costo significativo.

Tabla A.6. Evaluación económica del diseño de los conceptos preliminares.

Evaluación de Proyectos – Valor Económico (Yi)										
Descripción:										
<p>p: puntaje de 1 al 10</p> <p>1-3: Totalmente inadecuado 4: Inadecuado 5: Poco adecuado 6: Medianamente Adecuado 7: Adecuado 8: Muy adecuado</p> <p>9: Óptimo 10: Ideal</p> <p>g: peso ponderado en función de la importancia de los criterios de evaluación</p>										
Variantes de Concepto / Proyectos			S1		S2		S3		S ideal	
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costo mecánico	4	6	24	5	20	7	28	10	40
2	Costo electrónico y software	4	4	16	6	24	7	28	10	40
3	Costo de mantenimiento	3	6	18	5	15	7	21	10	30
Suma total				58		59		77		110
Valor económico Yi				0.53		0.54		0.7		1
Orden				3		2		1		

Fuente: Elaboración propia.

En la figura A.12, se muestra el gráfico comparativo de la evaluación económica de los 3 conceptos de solución preliminares.

Gráfico: Evaluación económica

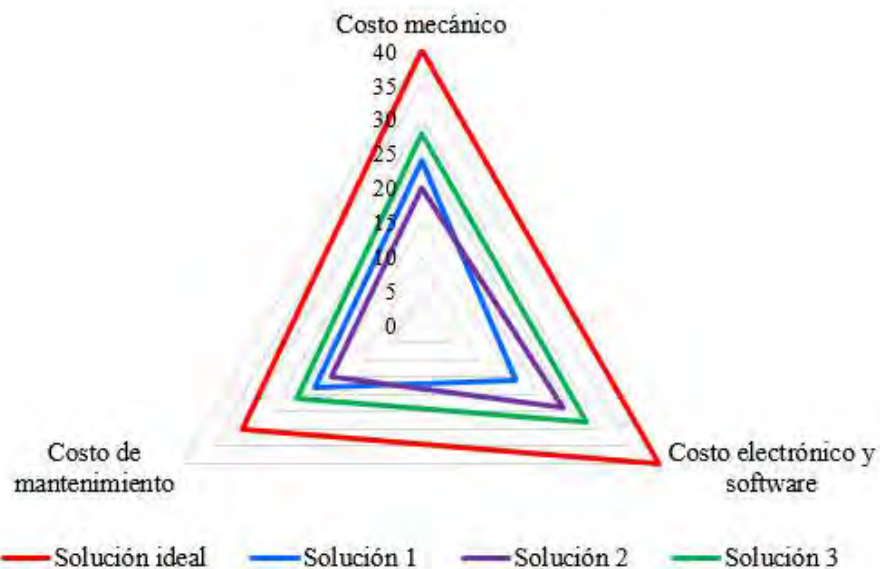


Figura A.12. Gráfico comparativo de la evaluación económica. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se realiza un análisis técnico-económico (ver figura A.13) que se deriva de las evaluaciones anteriores. Se concluye que la solución óptima es la solución 3, porque este punto se encuentra más cercano a la línea de equilibrio entre los valores económicos y técnicos. Por otra parte, se encuentra más próximo al punto de la solución ideal, coordenada (1,1).

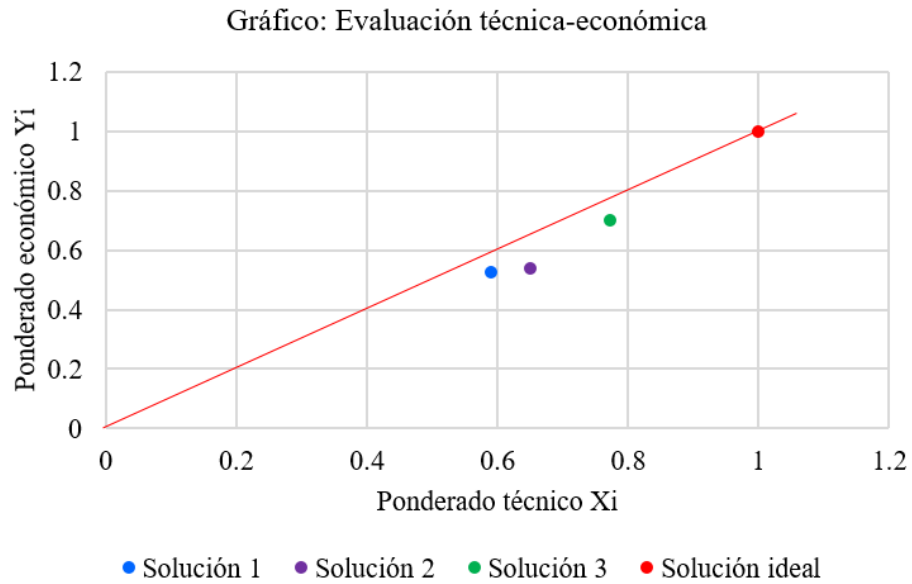


Figura A.13. Gráfico de evaluación técnica vs económica. Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B: DISEÑO MECÁNICO

En el presente capítulo, en primer lugar, se recopila el estado de la tecnología actual en remos, canoas y piscinas para poder seleccionar la piscina estructural comercial. En segundo lugar, se determina el factor de seguridad para el diseño mecánico de los sistemas del simulador. Finalmente, se presentan los cálculos mecánicos, normas de ergonomía, imágenes de detalle, entre otros, de los sistemas de entrada y salida, flotación y vaivén.

B.1 Remos, canoas y piscinas

Remos de *Va'a*




En el *Va'a*, los 3 tipos de remos más comunes son el remo de tipo recto, tipo curvo “*single bend*” y tipo curvo “*double bend*”. Los atletas seleccionan la longitud del remo según su altura (KIALOA, 2020), amplitud de brazos, comodidad y tipo de canoa en el que remarán. En la figura B.1, se muestra el remo de *Va'a* y sus partes. En el documento “Diseño conceptual de un simulador biomecánico de canotaje polinésico en el tipo de canoa V1 para personas con discapacidad” (Velasquez, 2019), se proporciona más información acerca del remo y métodos para su selección.



Figura B.1. El remo “*single bend*” y sus partes. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla B.1, se listan las características de 2 marcas de remo comerciales extranjeras (ítem 1 y 2) y uno nacional (ítem 3). Se observa que la masa de los remos extranjeros es menor respecto de la masa de los remos fabricados en el Perú. Esta característica también es un factor importante en las competencias. Esto debido a que, a mayor masa del remo, el atleta realiza mayor esfuerzo durante cada palada. Las empresas extranjeras superan en tecnología al taller peruano puesto que es posible indicar el área de palada que se desea y los ángulos de ataque en la compra. Sin embargo, una desventaja es que el costo de estos remos es mayor que el del taller nacional.

Tabla B.1. Características de los remos de Va'a internacionales y nacionales.

Ítem	Empresa - producto	Ángulo de ataque (pala)	Área o medida de la pala	Materiales	Masa apróx. (g)	Costo
1	KIALOA  (KIALOA, 2020)	10 a 15°	Criterio del usuario (99 - 130 sq in)	Híbrido (pértiga de madera y pala de fibra de carbono)	480 -540	\$300
2	VIPER VA'A  (Viper Va'a, 2019)	No indica	Criterio del usuario (9x18.5 - 9.75x19 in)	Híbrido (pértiga de bambú y pala de fibra de carbono)	400 - 550	24900 – 29502 XPF
3	Remo fabricado en Lima – Perú (Taller de José Acuña) 	10°	No indica	Madera	750-900g	270 soles

Nota. Elaboración propia a partir de las fuentes indicadas.

Estudio de la profundidad de remado

En esta sección se estudia la relación entre la longitud de la pala respecto de la longitud total del remo. Esto con el objetivo de conocer la profundidad de remado, la cual está relacionada con las dimensiones de la piscina que se seleccionará. Por un lado, en la tabla B.2, se muestran los resultados de las mediciones realizadas a los remos del club peruano de *Va'a* Inkanoa.

Tabla B.2: Medidas de los remos

Longitud del remo (mm)	Tipo	Longitud de la pala (mm)	Ancho de la pala (mm)	Material	Ángulo de ataque aproximado de la pala
1240	<i>Single bend</i>	485	230	Madera	10°
1250	<i>Single bend</i>	490	225	Madera	10°
1260	<i>Single bend</i>	480	230	Madera	10°
1270	<i>Single bend</i>	460	245	Madera	10°
1310	<i>Single bend</i>	470	242	Madera	10°

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, como se observa en la tabla B.1, los remos se venden de acuerdo a los requerimientos de cada atleta. Por ejemplo, primero se selecciona el largo total, después el área de pala y el ángulo de ataque deseado. Por lo tanto, se concluye a partir de la tabla B.2 y las páginas *web* consultadas que no existe una relación entre la longitud total del remo y la longitud de la pala. Esto es un criterio de selección propia de cada atleta. Entonces es posible determinar la profundidad de remado mediante la siguiente ecuación:

$$P_{m\acute{a}x} = L_{pala} + L_{p\acute{e}rtiga} \quad (1)$$

Donde:

$P_{m\acute{a}x}$: Profundidad máxima

L_{pala} : Longitud de la pala

$L_{p\acute{e}rtiga}$: Longitud sumergida de la pértiga

Se considera que la parte sumergida de la pértiga es aproximadamente 100 mm. Por otro lado, la longitud de la pala máxima registrada es 490 mm. Reemplazando en la ecuación (1), se obtiene una profundidad máxima de 590 mm.

Canoas V1

El estudio de la geometría y sus características físicas como material y masa de la canoa del tipo V1 es útil para determinar las dimensiones de la piscina a seleccionar y posteriormente para el estudio de flotación. En la figura B.2, se muestran las principales partes de una canoa V1.

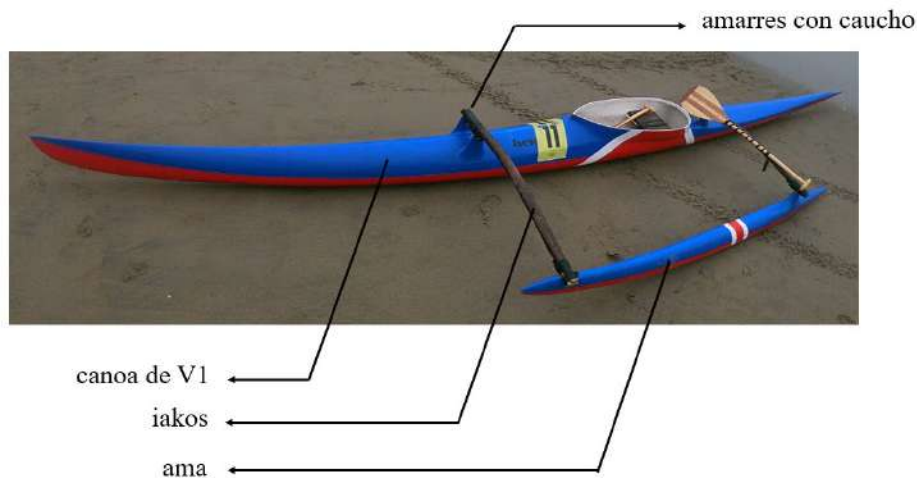






Figura B.2. Fotografía capturada en Lima de la canoa V1, se indican sus partes más representativas. Fuente: Elaboración propia.

Tecnología en canoas V1 extranjeras y nacionales

En principio se listan, en la tabla B.3, las características de las canoas del tipo V1 extranjeras (ítem 1 al 3) y nacionales (ítem 4). Se identifica que la masa de las canoas extranjeras es menor respecto de las nacionales. Esto debido, en gran parte, al material para su elaboración. Las canoas extranjeras pueden ser de fibra de carbono; sin embargo, las canoas nacionales son únicamente de fibra de vidrio. Es importante mencionar que la masa de la canoa es un factor importante en las competencias, puesto que, a mayor masa el calado aumenta y el remero deberá ejercer mayor fuerza para desplazarse. Por otra parte, se aprecia que el costo de las canoas extranjeras es superior

al de las canoas fabricadas en el taller peruano. Finalmente, se destaca que el diseño ensamblable (canoas divididas en 3 partes) de la empresa *DiVa'a* (ítem 1) proporciona la idea que es posible reducir el tamaño de una canoa. En el simulador, se utiliza solo la cabina de la canoa.

Tabla B.3. Características de las canoas del tipo VI de Va'a extranjeras y nacionales.

Ítem	Empresa - producto	Longitud de la canoa (m)	Ancho de la cabina (cm)	Materiales	Masa apróx. de la canoa (kg)	Masa máx. del atleta (kg)	Costo aprox.
1	<p>DI VA'A – DUENOVECINQUE Extreme</p>  <p>(DiVa'a, 2019)</p>	7.18	No indica	PVC, resina epóxica reforzada, fibra de carbono, entre otras	No indica	No indica	No indica
2	<p>PLASTEX – V1 725 Extreme</p>  <p>(PLASTEX, 2019)</p>	7.32	42	Resina epóxica reforzada con 100% fibra de carbono	No indica	50-100	No indica
3	<p>KAMANU COMPOSITES – KAI WA'A</p>  <p>(KAMANU COMPOSITES, 2019)</p>	6.96	No indica	Fibra de carbono (4oz)	9.5 – 10.5	No indica	\$5000
4	<p>Canoa fabricada en Lima – Perú (Taller de José Acuña)</p> 	7.5	42	Fibra de vidrio	15.5	No indica	3600 soles

Nota. Elaboración propia a partir de las fuentes indicadas.

Mediciones a las canoas nacionales

Es de importancia indicar que todas las canoas, iakos y amas, en el Perú, se fabrican en un único taller a partir de un mismo molde. Por lo tanto, no existen diferencias significativas en sus dimensiones. En tabla B.4, se muestran las cotas máximas de una canoa V1 peruana, ensamblada con iakos y ama.

Tabla B.4: Medidas geométricas externas de las canoas V1 nacionales.

Tipo de canoa	Longitud (mm)	Ancho total (mm)	Altura (mm)	Masa (kg)
Canoa V1	7500	1070	360	15.5

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se desarrolla un diseño computacional 3D en el *software Autodesk Inventor* de una cabina del tipo V1 peruana a partir de varias mediciones y el uso de plantillas en las caras exteriores. En la figura B.3 se observa el modelo de la cabina con los iakos de la popa y proa ensamblados. Se realizó el modelo con la mayor precisión posible, puesto que se utilizará para el cálculo de flotación y el diseño de los flotadores.



Figura B.3: Diseño de la cabina V1 ensamblada con iakos y ama. Fuente: Elaboración propia.

La tabla B.5 resume las características geométricas calculadas considerando un ensamble con doble ama. En el simulador, se propone ensamblar la cabina con dos amas (1 a cada lado) con el propósito de garantizar la estabilidad al remar. Esto debido a que los atletas principiantes podrían voltearse si la técnica de remado es incorrecta.

Tabla B.5: Resumen de características geométricas de la cabina V1 y profundidad de remado.



Características	Valor
Ancho de la canoa V1 ensamblada con iako y doble ama (cm)	208.5
Longitud de la canoa V1 (cm)	750
Nivel de agua requerido (mm)	590

Fuente: Elaboración propia.

Piscinas estructurales

Finalmente se realiza una búsqueda de piscinas estructurales comerciales disponibles en el mercado peruano (ver tabla B.6).

Tabla B.6 Listado de piscinas rectangulares estructurales comerciales.

Ítem	Descripción	Imagen	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Precio (soles)
1	Piscina estructural BestWay Splash Frame (5700 litros) (PROMART, 2019)		400	211	81	399.00
2	Piscina Estructural Familiar Splash (PROMART, 2019)		400	211	81	599.00

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes indicadas.

Tabla B.6: Continuación - Listado de piscinas rectangulares estructurales comerciales.

Ítem	Descripción	Imagen	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Precio (soles)
3	Intex Piscina Estructural Rectangular (p, 2019)	A blue rectangular inflatable pool with a pump and filter system. A small blue sign above the pool indicates '5 Adultos'.	450	220	84	399.00
4	Bestway Piscina Estructural Rectangular (SODIMAC, 2019)	A white rectangular inflatable pool with a pump and filter system.	480	244	122	1799.90
5	Bestway Piscina Estructural Rectangular (PROMART, 2019)	A white rectangular inflatable pool with a pump and filter system.	488	488	122	3499.00

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes indicadas.

B.2 Factor de seguridad

En la literatura, se encuentran diversas recomendaciones acerca del factor de seguridad (FS) en el diseño de máquinas. Por un lado, se estudia la propuesta por Jack Hugh indicada en el capítulo 12 del libro *Engineering Design, Planning and Management* (2013) mediante la siguiente fórmula:

$$FS = \left(\frac{100\%}{K} + 1 \right) \left(\frac{S}{100\%} + 1 \right) \left(\frac{H}{100\%} + 1 \right) \quad (2)$$

Donde:

FS = Factor de seguridad

K = Conocimiento (100% es todo, 0% es nada), p. Ej., Conocimiento mecánico pero la aplicación es nueva 50%

S = Variaciones estadísticas de factores, p. Ej., Materiales +/- 10%, sobrecargas del usuario hasta 150%

H = Riesgos de falla (el 100% es catastrófico, el 0% no es importante).

En el desarrollo del simulador, se tienen conocimientos teóricos de resistencia de materiales y experiencia en el desarrollo de proyectos mecatrónicos. Sin embargo, no se tiene experiencia en el diseño de simuladores u máquinas biomecánicas anteriormente. Por lo tanto, el valor de K es 50%. Las propiedades mecánicas de los materiales (madera, triplay fenólico, acero, acero inoxidable, plástico PLA y PETG, entre otros) son conocidas en la literatura y en la industria. Asimismo, la masa del usuario máxima se determina que es 110 kg. Por ello, no existe variaciones estadísticas de factores (S = 0%). Finalmente, los riesgos en el simulador podrían considerarse altos pues se trabaja con personas con discapacidad. Sin embargo, la falla mecánica de un subsistema no presenta como riesgo potencial la muerte del usuario. Por esta razón se considera que H es 75%. Finalmente se reemplaza en la ecuación expresada en (2) y se obtiene un factor de seguridad igual a FS = 2.6.

Por otro lado, Joseph Vidosic en el libro *Machine Design Projects* (1957) indica que se debe utilizar un factor de seguridad entre 3 y 4 en el diseño de una máquina, en la cual, los materiales de su fabricación son conocidos pero que se va a usar en condiciones ambientales inciertas o sujetos a cargas y esfuerzo inciertos. El simulador se sitúa al aire libre en condiciones climáticas que podrían variar, pero no deben ser extremas (por ejemplo, en temperaturas bajo cero). Finalmente, a partir de las dos propuestas estudiadas, se determina que para el diseño de todos los componentes y sistemas del simulador se considera lo siguiente:

$$FS = 3$$

(3)



B.3 Sistema de entrada y salida

Normas ADA

“1008.3 Transfer Systems” (2010).

- Debe existir un espacio libre de 1220 mm próximo a la escalera (ver figura B.4).
- La altura del primer peldaño debe estar dentro del rango establecido por la norma, 280 mm a 455 mm (ver figura B.4).
- Las huellas o peldaños son de dimensiones de 610 mm de ancho y 355 mm de profundidad como mínimo (ver figura B.4).
- La altura de la contra huella es de 205 mm como máximo (ver figura B.5).
- Se indica que debe existir al menos un tipo de soporte en el sistema de transferencia (ver figura B.5).

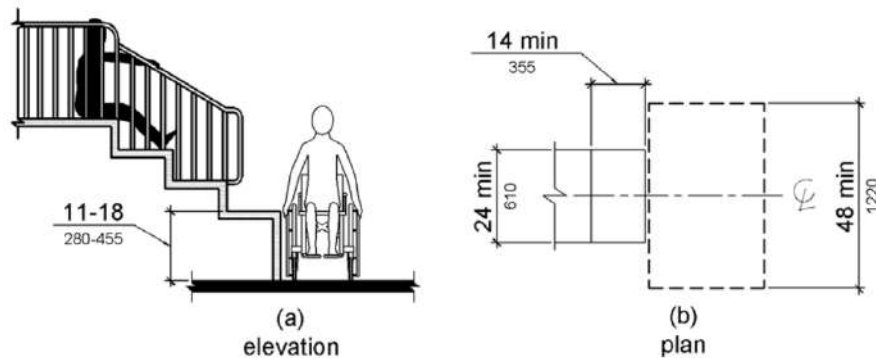


Figura B.4 Consideraciones geométricas 1 de la plataforma de transferencia. Fuente: ADA (2010).

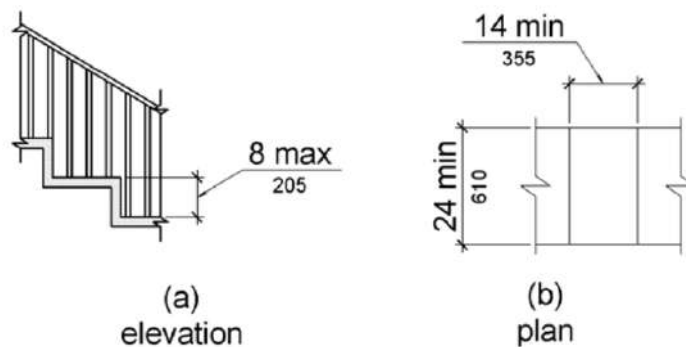


Figura B.5 Consideraciones geométricas 2 de la plataforma de transferencia. Fuente: ADA (2010).

En la tabla B.7, se indican las dimensiones de la escalera en comparación con las especificaciones de la norma.

Tabla B.7 Dimensiones geométricas del diseño de la escalera.

Características	Dimensiones (mm)	Norma ADA (mm)
Altura del primer peldaño	420	280 - 455
Profundidad de la huella	360	> 355
Ancho de la huella	750	> 610
Altura de la contrahuella	160	< 205

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de resistencia de materiales de la escalera

En primer lugar, se selecciona el material a utilizar. El estudio comparativo entre OSB (*Oriented Strand Board*) y triplay fenólico, determina que este último es el más conveniente. Por un lado, el triplay fenólico presenta un MOR (módulo de ruptura) de 33.72 - 42.61 MPa y el OSB de 21.80 - 34.70 MPa (Cai et al., 2006), lo cual indica que ofrece mayor resistencia a cargas. Por otro lado, el triplay fenólico es más resistente a la humedad respecto del OSB. La escalera está expuesta a salpicones de agua y en contacto con los atletas. Por ello un material que sea más resistente a la humedad y con mayor durabilidad a largo plazo es más recomendable. Por otra parte, la superficie del triplay es lisa respecto del OSB y estéticamente proporciona un mejor acabado sin necesidad de un riguroso proceso de pulido. Las características del material de triplay fenólico se listan en tabla B.8.

Tabla B.8 Propiedades mecánicas del triplay fenólico.

Propiedades mecánicas	Valor (MPa)
Esfuerzo cortante ($\tau_{m\acute{a}x}$)	5.5
Esfuerzo de flexión ($\sigma_{m\acute{a}x}$)	37.09

Fuente: Elaboración propia a partir de Cai et al. (2006).

En segundo lugar, se realiza el cálculo de resistencia de un listón de uno de los peldaños de la escalera para poder seleccionar el espesor adecuado. El listón es de 750 mm de largo y 360 mm de profundidad. En primer lugar, se realiza el DCL de las fuerzas actuantes. La masa máxima de un atleta en el simulador es de 110 kg. Por ello, se coloca una carga puntual sobre el centro del listón idealizado como una viga simple con 2 apoyos fijos (ver figura B.6). Se utilizan las herramientas de la página *web* SkyCiv para obtener las imágenes correspondientes.

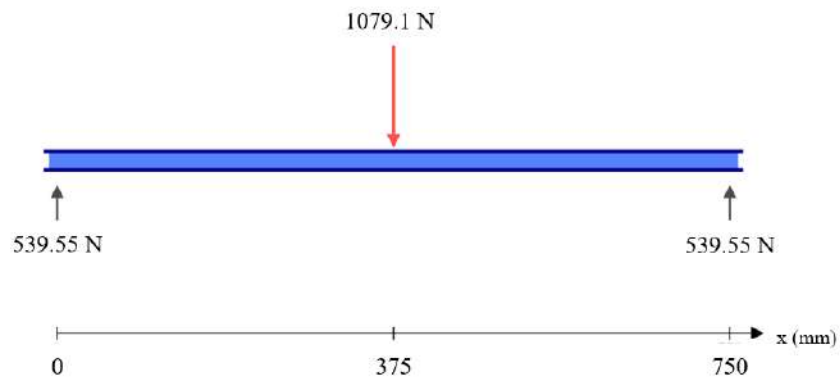


Figura B.6 DCL de las fuerzas actuantes sobre el listón. Fuente: Elaboración propia.

Luego se obtiene la gráfica de fuerza cortante en la viga (ver figura B.7).

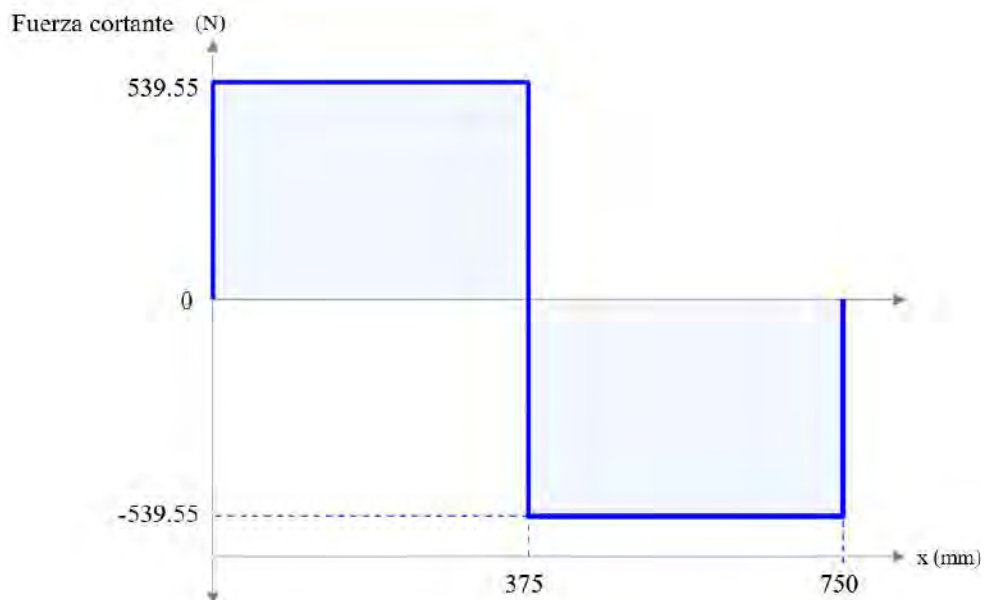


Figura B.7 Gráfica de las fuerzas cortantes sobre la viga. Fuente: Elaboración propia.

El esfuerzo cortante máximo se ubica en $x = 375\text{mm}$, el cual se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Entonces considerando el factor de seguridad antes planteado se obtiene:

$$FS = \frac{\tau_{\text{máx}}}{\tau_{\text{adm}}} \geq 3 \quad (5)$$

Por lo tanto, reemplazando los datos de la tabla B.8 y de la expresión (5) en (4) se obtiene:

$$\frac{5.5}{3} \geq \frac{1079.1}{750 \times e} \quad (6)$$

El espesor debe cumplir lo siguiente:

$$e \geq 0.785 \text{ mm} \quad (7)$$

Después, se realiza la gráfica de momentos flectores en la viga. Se observa que la sección de mayor esfuerzo se encuentra en $x = 375 \text{ mm}$ (ver figura B.8).

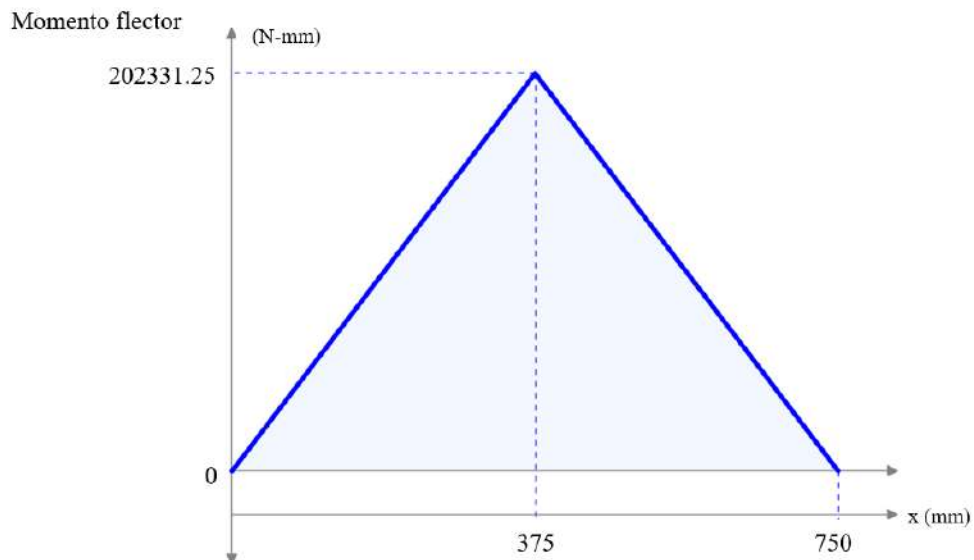


Figura B.8 Gráfica de momentos flectores sobre la viga Fuente: Elaboración propia.

El momento flector se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\sigma_f = \frac{My}{I} \quad (8)$$

Considerando un $FS = 3$:

$$FS = \frac{\sigma_{m\acute{a}x}}{\sigma_{adm}} \geq 3 \quad (9)$$

Por lo tanto, reemplazando los datos de la tabla B.8 y de la expresi3n (9) se obtiene:

$$\frac{37.09}{3} \geq \frac{202331.25 \times \frac{e}{2}}{\frac{360 \times e^3}{12}} \quad (10)$$

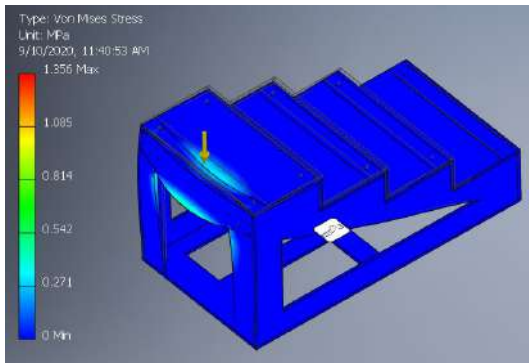
Despu3s de operar se indica los siguiente:

$$e \geq 16.515 \text{ mm} \quad (11)$$

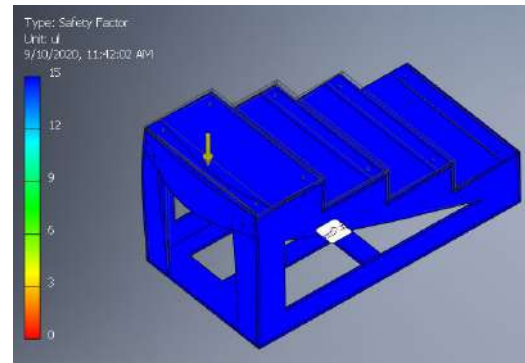
Finalmente, a partir de las ecuaciones (7) y (11) se determina que el espesor debe ser $e \geq 16.515$ mm. Los espesores de triplay fen3lico comerciales son de 9, 12, 15 y 18 mm. Por lo tanto, segun lo calculado debe seleccionar un list3n de triplay fen3lico de 18 mm de espesor.

Simulaci3n por elementos finitos

Se realiza un estudio de elementos finitos debido a que la idealizaci3n del list3n como viga no representa los esfuerzos que sufre el sistema. La simulaci3n en el *software* de Autodesk Inventor permite observar y evaluar los esfuerzos de fluencia de Von Mises, el factor de seguridad y las deformaciones. Se aplica la carga de 1079 N (110 kg-f) en el borde del list3n superior, pues esta secci3n es la m3s cr3tica de la escalera. El estudio determina que se cumplen los criterios de diseo con tablonces de triplay fen3lico de 15 mm. La figura B.9 muestra el esfuerzo a fluencia (a) y el factor de seguridad (b) en la simulaci3n. Los valores de esfuerzo m3ximo y factor de seguridad m3nimo se muestran en las ecuaciones (12) y (13) respectivamente.



(a)



(b)

Figura B.9 (a) Esfuerzos de fluencia de Von Mises, (b) Factor de seguridad. Fuente: Elaboración propia.

$$\sigma_f = 1.356 \text{ MPa} \quad (12)$$

$$FS = 15 \quad (13)$$

El factor de seguridad obtenido difiere de los cálculos mecánicos a pesar de que las propiedades mecánicas del material (triplay) en la simulación son las mismas. Esto ocurre porque la idealización de una viga no considera que los listones están adheridos y atornillados entre sí, lo cual representa más de 2 puntos de apoyo. Por ello, la simulación muestra un comportamiento más real del esfuerzo y permite aligerar la escalera hasta determinar una configuración apropiada. Finalmente, para asegurar que la escalera no sufra oscilaciones laterales y sea estable se le aplica una fuerza de 1079 N (110 kg-f) lateral como se muestra en la figura B.10. Asimismo, en la tabla B.9, se muestran los valores del desplazamiento producidos en cada eje.

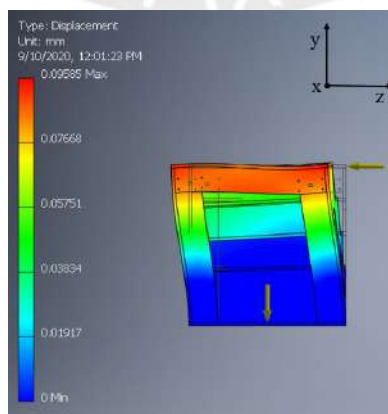


Figura B.10 Deformaciones en la escalera. Fuente: Elaboración propia.

Tabla B.9 Resultados de la simulación.

Resultados	Valor (mm)
Desplazamiento eje x	0.026
Desplazamiento eje y	0.039
Desplazamiento eje z	0.094

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, se determina que se utilizarán tablonces de triplay fenólico de 15 mm. Esto debido a que, el factor de seguridad hallado en la simulación cumple con las consideraciones de diseño planteadas. Asimismo, el desplazamiento muestra que la estructura no sufrirá oscilaciones laterales (menor a 0.1 mm en cualquier eje).

Selección de garruchas

La escalera presenta 4 garruchas. El DCL de las fuerzas actuantes se muestra en la figura B.11.

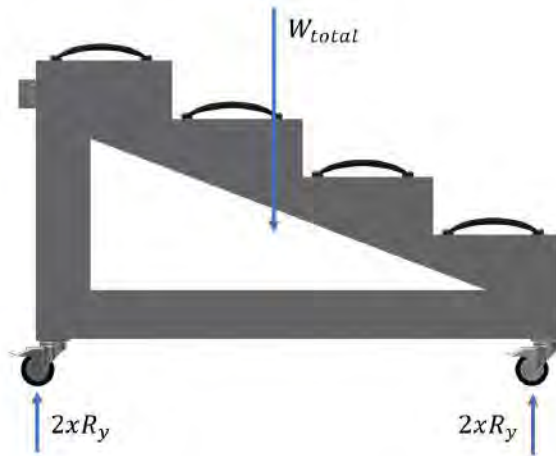


Figura B.11 DCL simplificado de la escalera. Fuente: Elaboración propia.

$$\sum F_y = 0:$$

$$4xR_y = M_{total} \quad (14)$$

Donde:

$$M_{total} = M_{escalera} + M_{atleta} \quad (15)$$

La masa de la escalera se obtiene en el *software* de Autodesk Inventor (aproximadamente 30 kg) y la masa de atleta es la máxima permitida en el simulador (110 kg). Por lo tanto, la fuerza que soportará cada garrucha será:

$$R_y = 343.3 \text{ N (35 kg.f)} \quad (16)$$

Se necesita una garrucha con un diámetro de rueda mayor o igual a 4'' o de 13 cm de alto para poder trasladar la escalera con mayor facilidad en entornos que no sean planos o lisos, por ejemplo, sobre un jardín. Las características de las garruchas seleccionada están indicadas en la tabla B.10.

Tabla B.10 Características de la garrucha seleccionada.

Características	Valor
Capacidad de carga	70 kg-f
Altura	130 mm
Diámetro de la rueda	4''
Freno industrial	Sí
Precio (soles)	18.90

Fuente: Elaboración propia a partir de PROMART (2019).

Detalles y funcionamiento del puente

En la figura B.12, se muestra la pieza de madera que se inserta en las placas de acero inoxidable de la escalera y en la cual se ensamblan las bisagras con el puente. El diseño de esta pieza considera una sección en la cual se apoya el puente, lo cual reduce el esfuerzo en las bisagras (ver figura B.13).



Figura B.12 Pieza de madera que conecta el puente y la escalera. Fuente: Elaboración propia.

Las bisagras están atornilladas a la pieza de madera por pernos hexagonales cabeza redonda de 1/4", arandelas y tuercas para madera. Las tuercas se clavan en la parte posterior y el perno al ajustarse provoca que la tuerca se fije en la madera. Esta unión permite que puedan desensamblarse las bisagras sin dañar la madera. El detalle se muestra en la figura B.13.

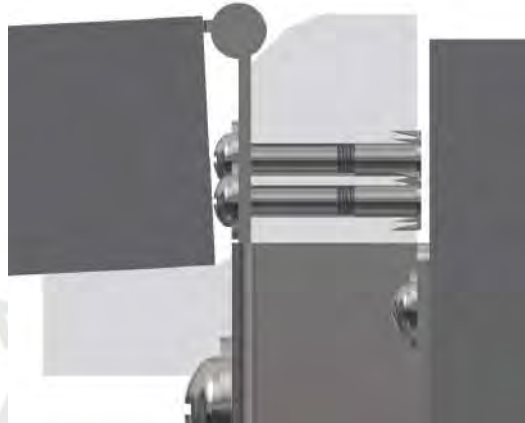


Figura B.13 Detalle del ensamble de la unión entre las bisagras, tuercas y la pieza de madera. Fuente: Elaboración propia.

En la figura B.14, se muestra el puente rebatido, lo cual se logra gracias a las bisagras y las piezas de acero inoxidable diseñadas.



Figura B.14 Detalle del ensamble del puente con la escalera en la vista frontal y de perfil. Fuente: Elaboración propia.

Propiedades mecánicas de la madera

El puente es una sección crítica del sistema de entrada y salida, por ello se requiere de un material que ofrezca propiedades mecánicas más resistentes respecto de la escalera. Por ello, se selecciona el tipo de madera Pino Americano para la construcción de todas las piezas. En la tabla B.11, se listan las propiedades de la madera de la especie Pino Americano (Eastern White).

Tabla B.11: Propiedades mecánicas de la madera Pino Americano.

Propiedades mecánicas	Valor (MPa)
Módulo de ruptura o esfuerzo de fluencia máximo ($\sigma_{m\acute{a}x}$)	59
Esfuerzo de compresión máximo paralelo a las fibras	33.1
Esfuerzo de compresión máximo perpendicular a las fibras	3
Esfuerzo de corte máximo paralelo a las fibras	6.2
Tensión máxima perpendicular a las fibras	2.1

Fuente propia a partir de Grenn, Winandy y Kretschmann (1999).

Cálculo de resistencia de la madera de transferencia

Se idealiza la configuración del puente de madera mediante una viga y 2 apoyos como se muestra en la figura B.15. En el diseño del puente se considera el mismo factor de seguridad que en la escalera ($FS = 3$).

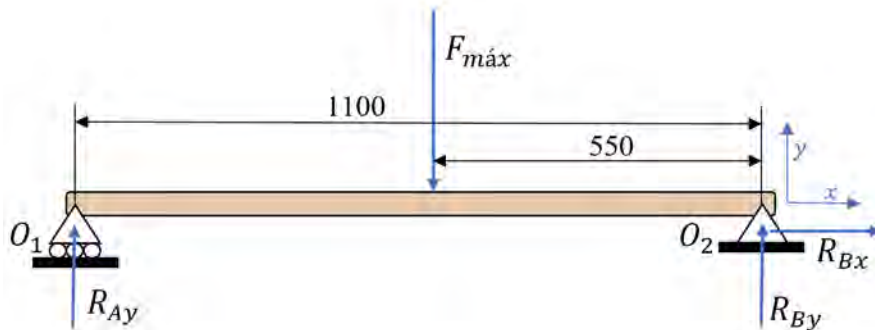


Figura B.15 Simplificación del puente a un sistema de vigas y apoyos. Fuente: Elaboración propia.

Del estudio estático de la figura B.15:

$$\sum F_x = 0: \quad R_{Bx} = 0 \quad (17)$$

$$\sum F_y = 0: \quad R_{Ay} + R_{By} - 110 \times 9.81 = 0 \quad (18)$$

$$\sum M_{O1} = 0: \quad -110 \times 9.81(550) + R_{By}(1100) = 0 \quad (19)$$

A partir de las ecuaciones (17), (18) y (19), se obtienen los valores de las siguientes variables:

$$R_{Ay} = 539.55 \text{ N}$$

$$R_{Bx} = 0 \text{ N}$$

$$R_{By} = 539.55 \text{ N}$$

Luego, de realizar los cálculos se procede a graficar la fuerza cortante sobre la viga (ver figura B.16).

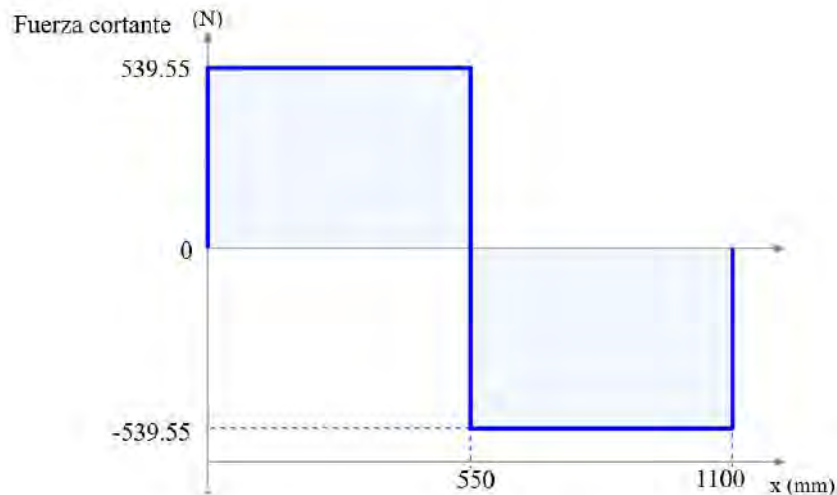


Figura B.16 Gráfica de las fuerzas cortantes sobre la viga. Fuente: Elaboración propia.

No se calcula el espesor requerido provocado por la fuerza cortante, pues el esfuerzo cortante perpendicular a las fibras no es un criterio de diseño para la madera. Por ello, las propiedades mecánicas en la literatura solo indican, en su mayoría, el esfuerzo cortante paralelo a las fibras (la idealización de la viga no requiere ese estudio). Posteriormente, se grafica la curva de momentos flectores y se observa que la sección de mayor esfuerzo se encuentra en $x = 550\text{mm}$ (ver figura B.17).

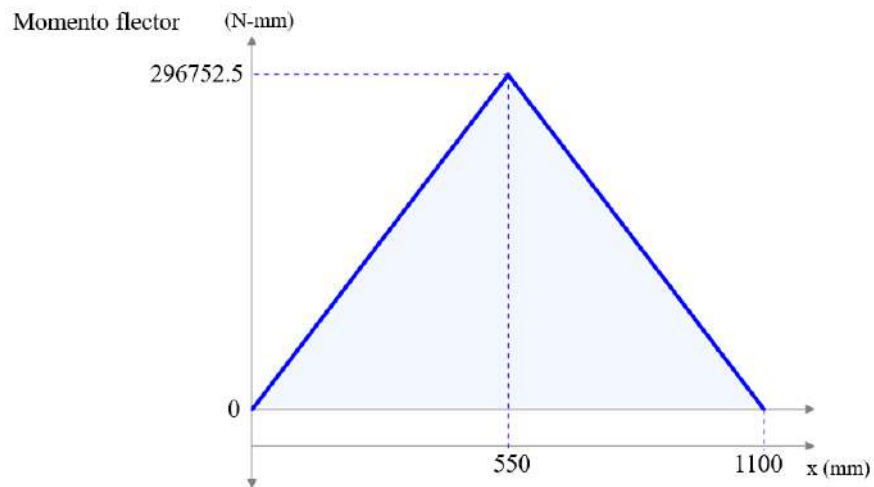


Figura B.17 Gráfica de momentos flectores sobre la viga. Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, reemplazando los datos de la tabla B.11 y de la expresión (9) se obtiene:

$$\frac{59}{3} \geq \frac{296752.5 \times \frac{e}{2}}{\frac{750 \times e^3}{12}} \quad (20)$$

Después de operar se obtiene:

$$e \geq 10.987 \text{ mm} \quad (21)$$

Según los cálculos realizados sería suficiente seleccionar listones de madera con un espesor mayor a 11 mm. Sin embargo, para contrastar estos cálculos se realiza una simulación de elementos finitos en todo el sistema de entrada y salida del simulador.

Simulación del sistema de entrada y salida

La idealización del puente en un sistema de viga y doble apoyo no representa de forma adecuada los esfuerzos que sufren los componentes. Por ello, es necesario realizar una simulación de elementos finitos. En el estudio, se divide computacionalmente la tabla principal del puente en 4 secciones. Esto como estrategia para poder aplicar una carga de 1079 N (110 kg-f o masa máxima del atleta) en 4 posiciones o casos diferentes. Las simulaciones consideran el caso más crítico, el cual se produce cuando el atleta se sienta al borde. Las dimensiones y materiales de todos los listones, tabloncillos y piezas de acero inoxidable se encuentran en los planos ubicados en el anexo I. A continuación, se redactan los 4 casos:

Caso 1:

El primer estudio representa al atleta sentado al inicio del puente. La figura B.18 muestra que el esfuerzo de fluencia máximo de Von Mises se ubica en las bisagras cercanas al área en la cual se aplica la fuerza.

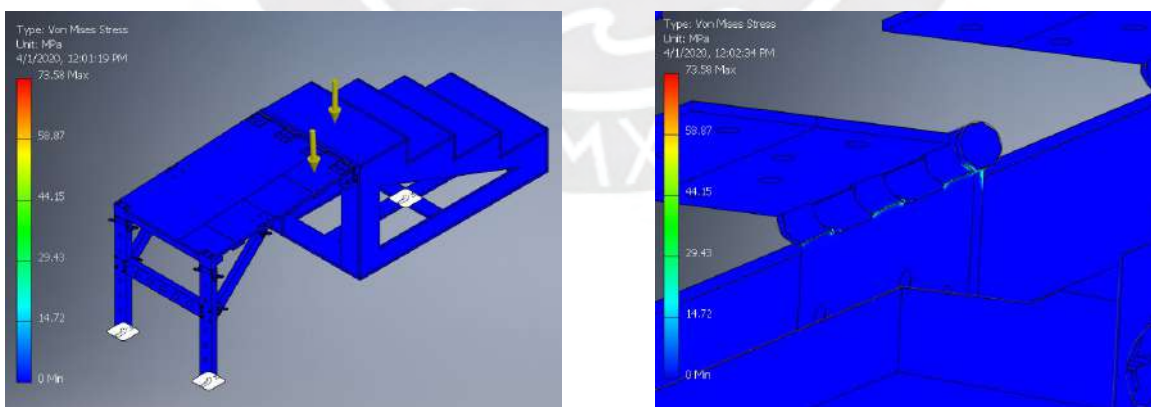


Figura B.18 Esfuerzo de Von Mises de la simulación en el caso 1. Fuente: Elaboración propia.

El esfuerzo máximo es:

$$\sigma_f = 73.58 MP_a \quad (22)$$

El factor de seguridad mínimo obtenido se muestra en la figura B.19.

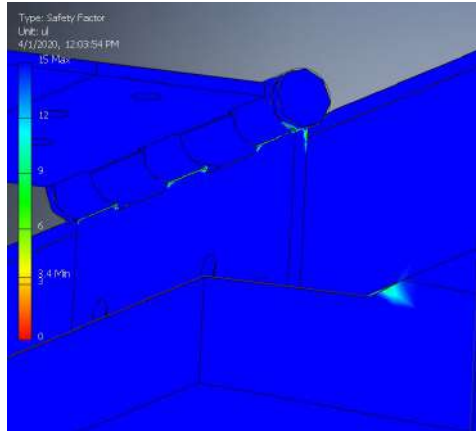


Figura B.19 Detalle del factor de seguridad mínimo de la simulación en el caso 1. Fuente: Elaboración propia.

El factor de seguridad mínimo que se obtiene en las bisagras es:

$$FS = 3.4 \quad (23)$$

Asimismo, se observa que el factor de seguridad mínimo en la sección de la pieza de madera que soporta el puente es:

$$FS = 7.6 \quad (24)$$

Por último, se observa en la figura B.20 las deformaciones que sufre el sistema.

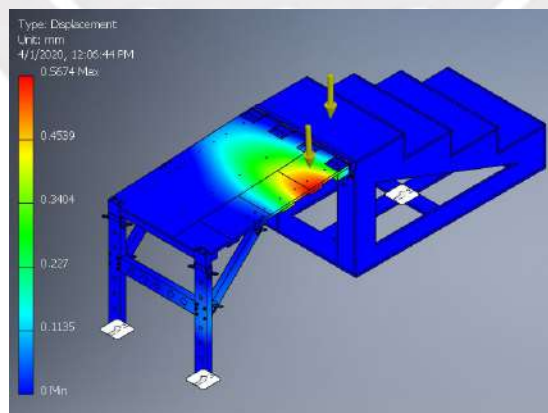


Figura B.20 Deformación de la simulación en el caso 1. Fuente: Elaboración propia.

El puente sufre una deformación máxima de:

$$\Delta_s = 0.567 \text{ mm} \quad (25)$$

Caso 2:

El estudio del caso 2 representa al atleta después de avanzar la cuarta parte del total del puente. El esfuerzo de fluencia de Von Mises se muestra en la figura B.21.

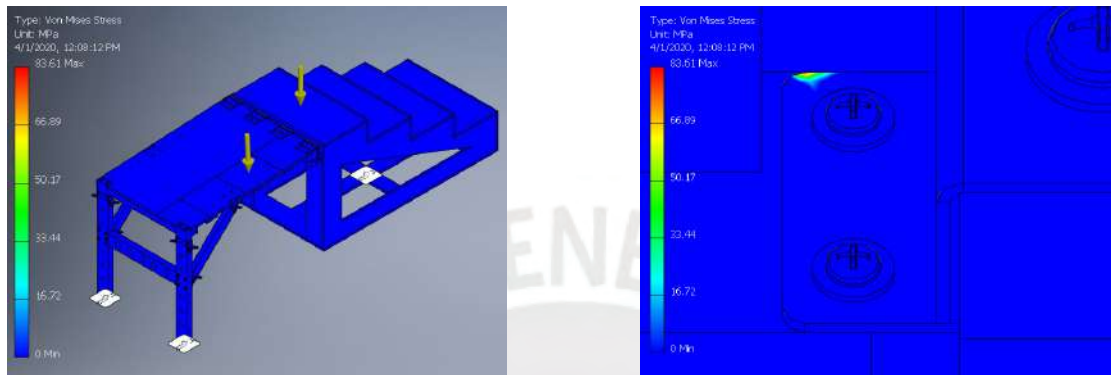


Figura B.21 Esfuerzo de Von Mises de la simulación en el caso 2. Fuente: Elaboración propia.

El esfuerzo máximo obtenido se encuentra sobre un filo de la pieza de acero inoxidable. Esto es un esfuerzo que no se debe considerar puesto que la simulación considera que idealmente la pieza de madera aplasta el filo superior al flexionarse.

$$\sigma_f = 83.61 \text{ MPa} \quad (26)$$

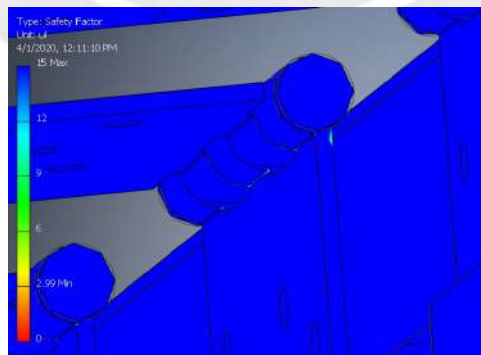


Figura B.22 Detalle del factor de seguridad mínimo de la simulación en el caso 2. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que a pesar de tratarse de esfuerzo que no se debe considerar igual cumple con el criterio de diseño aplicado. El factor de seguridad mínimo obtenido en las bisagras es:

$$FS = 5.8$$

(27)

Finalmente, en la figura B.23 se muestra las deformaciones en la simulación.

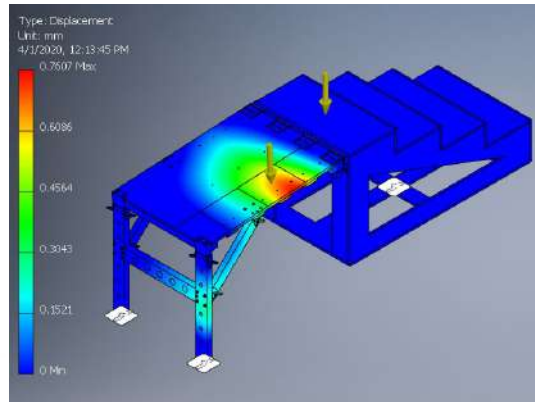


Figura B.23 Deformación de la simulación en el caso 2. Fuente: Elaboración propia.

La deformación máxima obtenida se muestra en (28), la cual también es la máxima obtenida en los 4 casos de estudio.

$$\Delta_s = 0.761 \text{ mm} \quad (28)$$

Caso 3:

El caso 3 es el caso más crítico del estudio, el cual sucede después de que el atleta pase la mitad del puente. La figura B.24 muestra que las zonas más esforzadas de la estructura se ubican en las piezas de acero inoxidable.

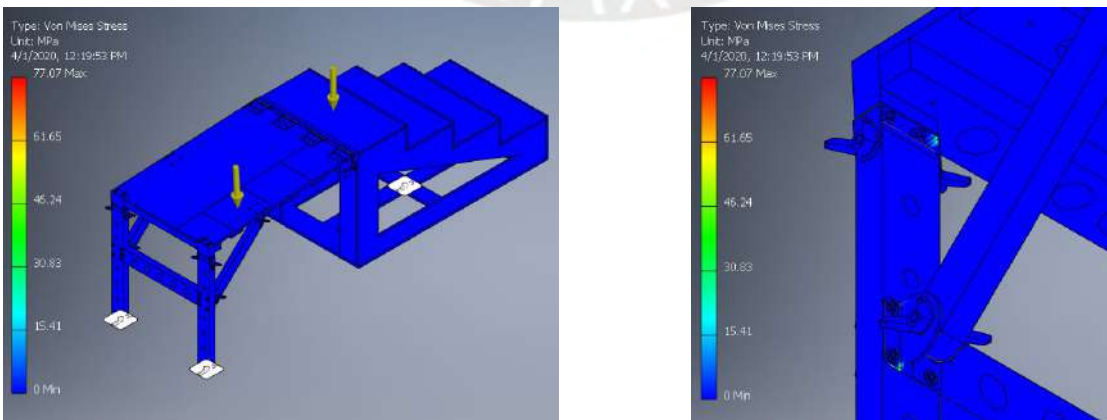


Figura B.24 Esfuerzo de Von Mises de la simulación en el caso 3. Fuente: Elaboración propia.

El esfuerzo de fluencia máximo es:

$$\sigma_f = 77.07 MP_a \quad (29)$$

El factor de seguridad mínimo se ubica en la pieza de acero inoxidable inferior (ver figura B.25).

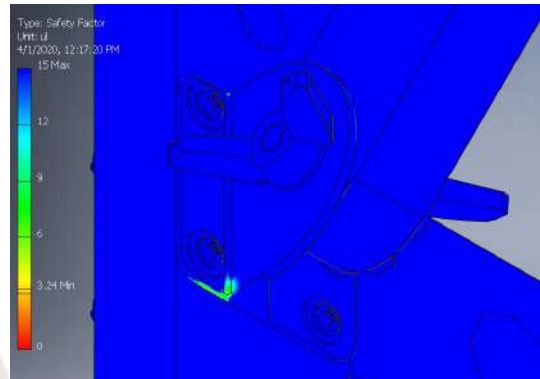


Figura B.25 Detalle del factor de seguridad mínimo de la simulación en el caso 3. Fuente: Elaboración propia.

$$FS = 3.2 \quad (30)$$

Por último, la figura B.26 muestra las zonas de mayor deformación.

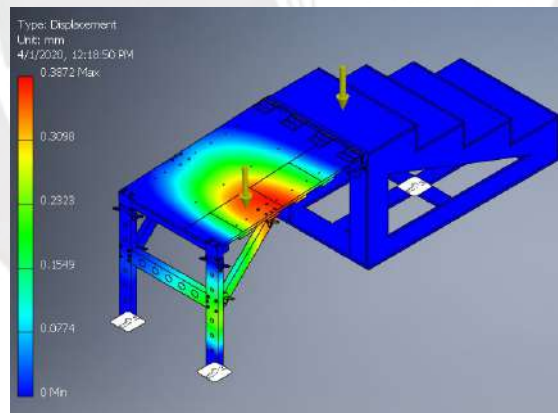


Figura B.26 Deformación de la simulación en el caso 3. Fuente: Elaboración propia.

$$\Delta_s = 0.387 \text{ mm} \quad (31)$$

Caso 4:

El caso 4 representa al atleta sentado sobre el final del puente a punto de trasladarse al asiento. La figura B.27 indica las zonas con mayor esfuerzo de fluencia.

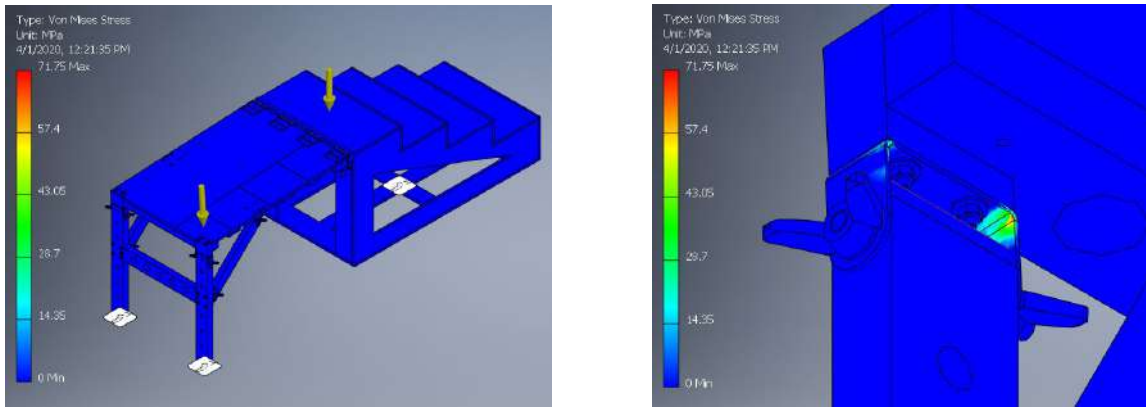


Figura B.27 Esfuerzo de Von Mises de la simulación en el caso 4. Fuente: Elaboración propia.

El máximo esfuerzo de fluencia se ubica en la pieza de acero inoxidable del soporte vertical y su valor es:

$$\sigma_f = 71.75 \text{ MPa} \quad (32)$$

La figura B.28 muestra que los valores del factor de seguridad mínimo se encuentran en la pieza de acero inoxidable.

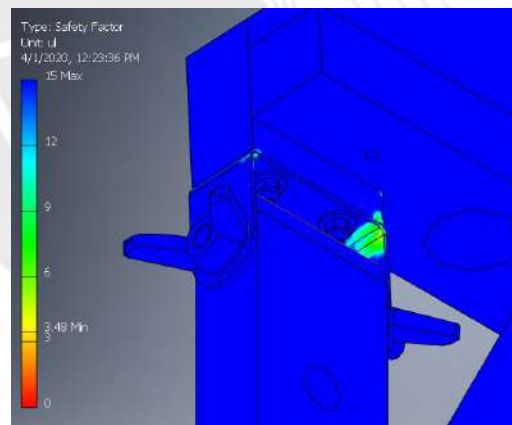


Figura B.28 Detalle del factor de seguridad mínimo de la simulación en el caso 4. Fuente: Elaboración propia.

El factor de seguridad mínimo obtenido en el caso 4 es:

$$FS = 3.5 \quad (33)$$

Finalmente, se muestran las deformaciones del sistema en el caso 4 (ver figura B.29).

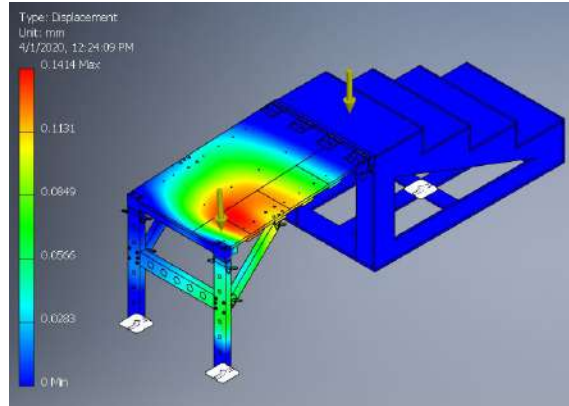


Figura B.29 Deformación de la simulación en el caso 4. Fuente: Elaboración propia.

La deformación máxima obtenida es:

$$\Delta_s = 0.141 \text{ mm} \quad (34)$$

Adicionalmente a los 4 casos realizados, se estudia la deformación máxima obtenida al aplicar una carga perpendicular al puente. Esto con la finalidad de garantizar la estabilidad del sistema. La figura B.30 muestra la deformación máxima al aplicar una fuerza perpendicular al puente equivalente a 110 kg.

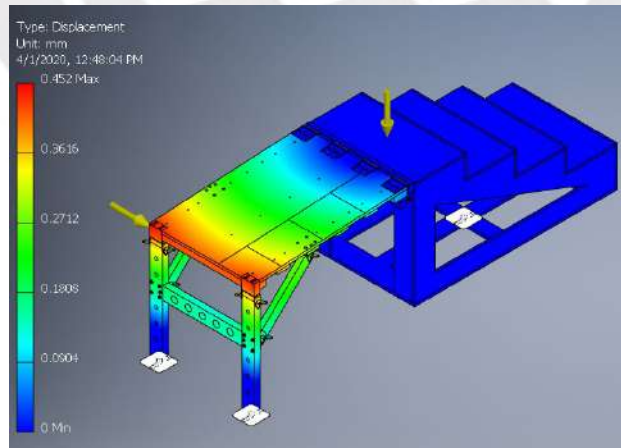


Figura B.30 Deformación en la simulación al aplicarse una carga perpendicular al puente. Fuente: Elaboración propia.

La deformación máxima es:

$$\Delta_s = 0.452 \text{ mm} \quad (35)$$

El estudio por elementos finitos permite conocer mejor las zonas de mayores esfuerzos en el sistema de entrada y salida. Se concluye que el diseño es correcto según los criterios propuestos. Por un lado, el factor de seguridad es superior a 3 en todos los casos estudiados. Por otro lado, las deformaciones son menores a 1 mm, lo cual garantiza la rigidez del sistema durante el traslado del atleta sobre la escalera y el puente.

Bisagras

El simulador necesita de bisagras especiales para poder realizar el ensamble con el puente y la pieza de madera mostrada en la figura B.13. Las bisagras especiales se fabrican soldando una plaquita de acero inoxidable de 4"x40x3 mm a una bisagra comercial de 4" y 3 mm de espesor (ver figura B.31). La plaquita considera 3 agujeros pasantes de 9/32".

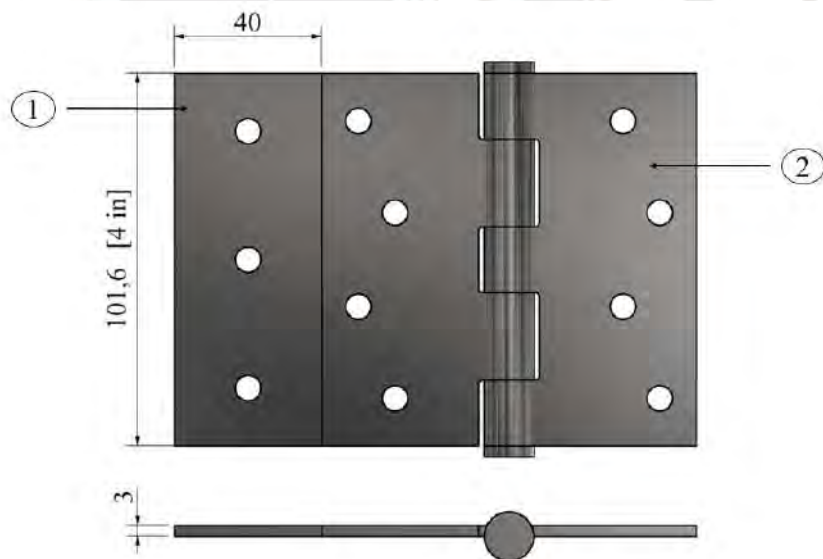


Figura B.31 Diseño de la bisagra especial. Fuente: Elaboración propia.

B.4 Sistema de flotación

Carga máxima en canoas del tipo V1 comerciales

En tabla B.12 se indica la carga máxima de diseño de las canoas del tipo V1 comerciales. En el desarrollo del simulador, como se redactó previamente, se considera que la masa del atleta debe estar entre 50 – 110 kg, lo cual está en el rango de las canoas comerciales.

Tabla B.12: Lista de canoas V1 y la masa del usuario máxima que resisten.

Producto	Masa corporal máxima
V1-FA1 3X (FAI VAA, 2019)	50 – 110 kg
V1 7L (NELO, 2019)	>75 kg
PLASTEX – V1 725 (PLASTEX, 2019)	50 – 110 kg

Fuente: Elaboración propia a partir de fuentes indicadas.

Cálculo de flotación

La teoría respecto del diseño de embarcaciones se encuentra en el libro *Basic Ship Teory* de Rawson y Tupper (2001). En el capítulo 3, “*Flotation and Trim*”, se explica la teoría de flotación a partir del concepto de que la condición para que un cuerpo flote es que la sumatoria de las fuerzas de flotación sea mayor a la carga total. Esto se muestra en la ecuación (36).

$$\sum \text{Fuerzas de flotación} > W_{total} \quad (36)$$

En el caso del sistema de flotación en el simulador:

$$\sum \text{Fuerzas de flotación} = F_{empuje\ de\ la\ cabina} + F_{empuje\ de\ los\ flotadores} \quad (37)$$

La fuerza de empuje se calcula mediante el principio de Arquímedes:

$$F_{empuje} = \rho \times g \times V_{sumergido} \quad (38)$$

Donde:

ρ : densidad del fluido

g : gravedad

$V_{sumergido}$: Volumen sumergido

El simulador se ubica en una piscina estructural comercial que contiene agua dulce, por lo tanto:

$$\rho_{agua\ dulce} = 1000 \frac{kg}{m^3} \quad (39)$$

$$g = 9.81 \frac{m}{s^2} \quad (40)$$

Es importante mencionar que el cálculo de flotación no incluye el volumen sumergido del ama, debido a que, la función del ama es estabilizar la canoa y servir como punto de apoyo (West, 2014). Sin embargo, el ama no debe garantizar la flotabilidad de la embarcación. Por ello, no se considera este volumen en el cálculo de la flotabilidad del sistema total.

Empuje de la canoa V1 método experimental en aguas abiertas

En primer lugar, se realiza el cálculo experimental de flotación en aguas abiertas de la canoa V1 ensamblada con iakos y ama (ver figura B.32). El experimento se desarrolla con la participación de atletas de diferente masa corporal y con la medición del calado producido por cada uno de ellos. Se realiza la medición del calado de forma indirecta (el calado se obtiene con la resta entre la altura total de la canoa y la altura no sumergida de la canoa).



Figura B.32: Fotografía del tesista realizando la medición de la altura de la canoa no sumergida. Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar, se analiza el DCL de la canoa V1 completa para comprender las fuerzas actuantes en el sistema (ver figura B.33).

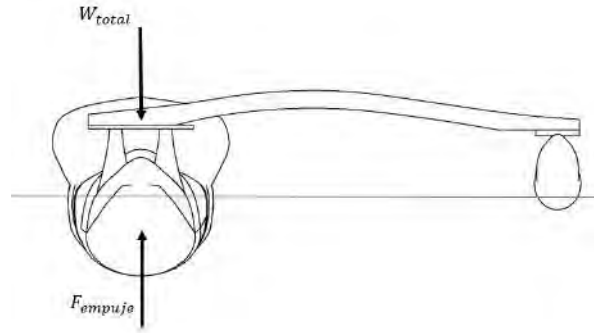


Figura B.33: DCL de la canoa V1 completa. Fuente: Elaboración propia.

$$\sum F = 0: F_{empuje} = W_{total} \quad (41)$$

En tercer lugar, se listan las masas de los componentes (se desprecia la masa de los cauchos) y el calado obtenido por cada atleta (ver tabla B.13). El empuje es equivalente al peso total del sistema (masa total x gravedad), puesto que se encuentra en equilibrio para cada valor de calado registrado.

Tabla B.13: Mediciones experimentales de los componentes.

Masa del ama (kg)	Masa de 2 remos (kg)	Masa de los 2 iakos (proa y popa, kg)	Masa de canoa V1 (kg)	Masa del deportista (kg)	Masa total (kg)	Empuje (N)	Calado (mm)
3.9	1.56	1.77	15.5	99.5	122.23	1199.09	160
3.9	1.56	1.77	15.5	87.5	110.23	1081.37	140
3.9	1.56	1.77	15.5	63.8	86.53	848.87	120
3.9	1.56	1.77	15.5	0	22.73	222.99	60

Fuente: Elaboración propia.

En cuarto lugar, se grafica el calado en función del empuje. En la figura B.34, es posible observar el comportamiento lineal entre la fuerza de empuje que ofrece la canoa V1 convencional y el nivel de calado. A partir de una aproximación lineal, se extrae la ecuación de la curva generada. Es importante mencionar que la ecuación de calado en función del empuje mostrado, considera el peso de los iakos, la canoa, el ama y los remos.

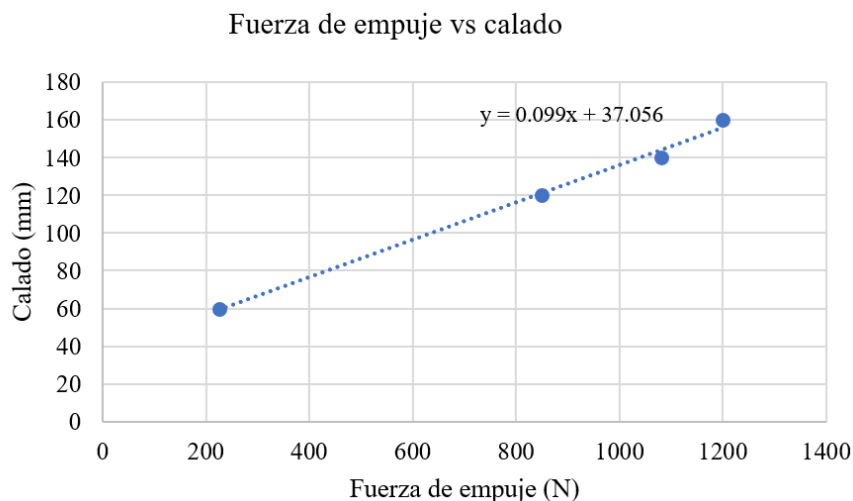


Figura B.34: Gráfica de calado vs fuerza de empuje de la canoa en aguas abiertas. Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, para expresar la ecuación en función, únicamente, del peso del deportista se realiza la siguiente modificación:

$$y_e = 0.099(m_t \times 9.81 + x_e) + 37.056 \quad (42)$$

Donde:

$$m_t = m_{canoa} + m_{2\text{ amas}} + m_{2\text{ iakos}} + m_{2\text{ remos}} \quad (43)$$

Reemplazando los datos de la tabla B.13 en (43) y (42) se obtiene la ecuación final:

$$y_e = 0.099(222.98 + x_e) + 37.056 \quad (44)$$

Donde:

x_e : Peso del deportista (N)

y_e : Calado en la canoa V1 (mm)

Empuje de la cabina V1 método computacional

En principio, se analiza el diagrama de cuerpo libre (DCL) de la cabina de la canoa para comprender las fuerzas actuantes sobre el sistema (ver figura B.35). El equilibrio de la sumatoria de fuerzas permite obtener la siguiente ecuación:

$$\sum F = 0: F_{empuje} = W_{total} \quad (45)$$

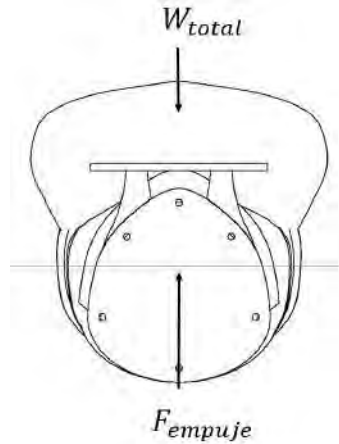


Figura B.35: DCL de la cabina VI. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se calcula el empuje que ofrece la cabina V1 a partir del volumen sumergido. El diseño 3D computacional permite seccionar la cabina en diferentes planos de corte, con la finalidad de obtener el volumen de cada porción sólida. De esta forma, se obtiene el volumen interno, lo cual representa el volumen sumergido de la canoa en diferentes niveles de calado (altura del plano de corte). Finalmente, se calcula la fuerza de empuje a partir de la fórmula de Arquímedes anteriormente descrita en (38). Se procede a ejemplificar el cálculo del volumen sumergido para un nivel de calado de 160 mm.

En primer lugar, se genera un plano a la distancia requerida (160 mm) de la superficie de la cabina (ver figura B.36).

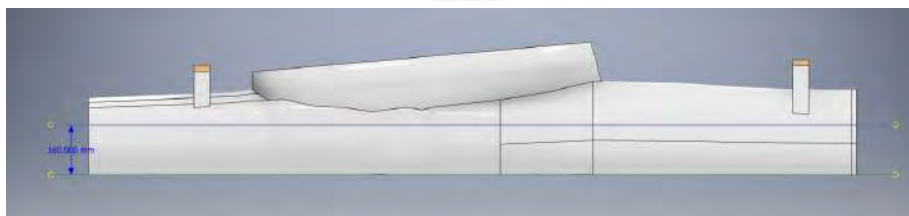


Figura B.36: Plano de corte en la cabina polinésica V1 ubicado a 160 mm. Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar, se extrae la sección hueca de interés (a), parte inferior de la división producida por el plano generado. Luego, se convierte esta sección a un sólido compacto (b), ver figura B.37.

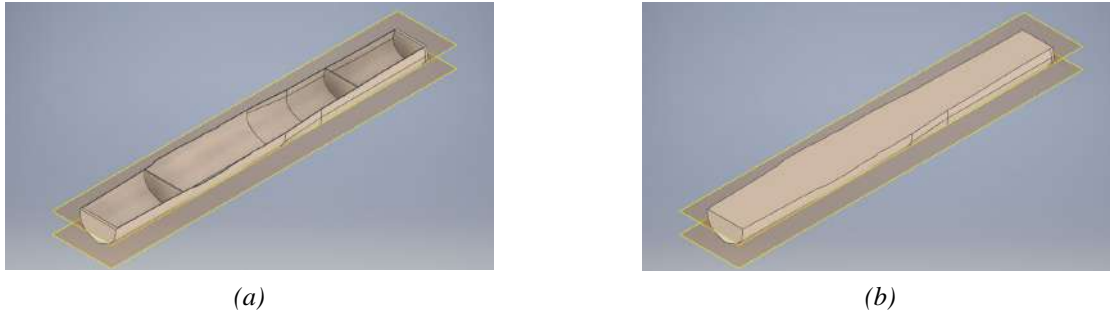


Figura B.37: Secciones hueca y sólida de la cabina a partir del plano de corte. Fuente: Elaboración propia.

En tercer lugar, se obtiene el volumen del sólido utilizando la tabla de propiedades de Autodesk Inventor. En cuarto lugar, se calcula la fuerza de empuje reemplazando en la ecuación de Arquímedes descrita en (38). El procedimiento se realiza para 18 diferentes niveles de calado y se construye la tabla B.14.

Tabla B.14: Cálculo computacional de la fuerza de empuje a partir de diferentes niveles de calado.

Nº	Nivel o calado (mm)	Volumen sumergido (mm^3)	Fuerza de empuje (N)	Fuerza de empuje (kg-f)
1	50	18207002.936	178.6106988	18.20700294
2	100	51001321.264	500.3229616	51.00132126
3	110	58138910.741	570.3427144	58.13891074
4	120	65324975.973	640.8380143	65.32497597
5	130	72533412.235	711.552774	72.53341224
6	140	79752634.871	782.3733481	79.75263487
7	150	86965613.239	853.1326659	86.96561324
8	160	94155961.117	923.6699786	94.15596112
9	170	101302444.566	993.7769812	101.3024446
10	180	108377635.930	1063.184608	108.3776359
11	190	115336754.051	1131.453557	115.3367541
12	200	122129670.098	1198.092064	122.1296701
13	210	128687686.931	1262.426209	128.6876869
14	220	134932780.781	1323.690579	134.9327808
15	230	140813065.301	1381.376171	140.8130653
16	240	146285231.403	1435.05812	146.2852314
17	250	151298203.999	1484.235381	151.298204
18	260	155820991.816	1528.60393	155.8209918

Fuente: Elaboración propia.

En quinto lugar, se construye la gráfica mostrada en la figura B.38 con los valores de la tabla B.14.

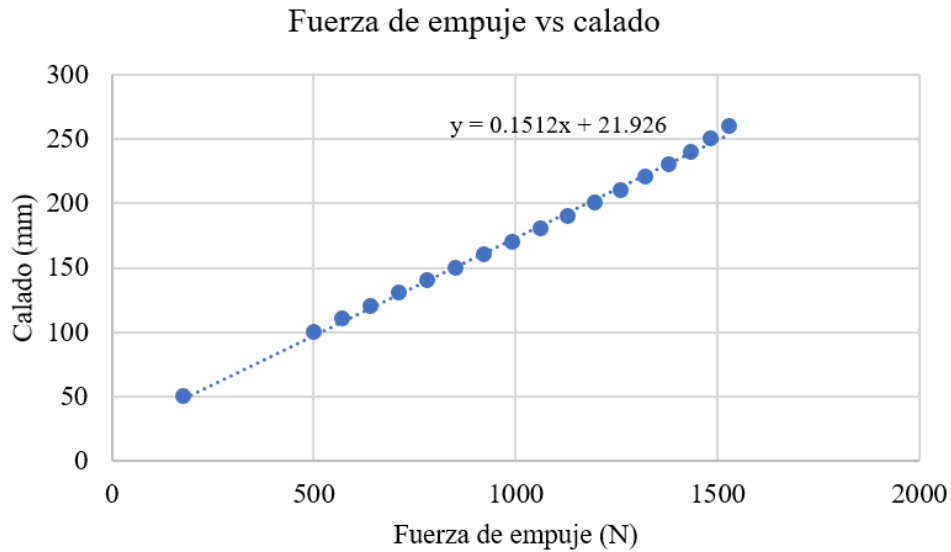


Figura B.38: Gráfica de fuerza de empuje vs calado en la cabina. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se obtiene la función de la curva de fuerza de empuje vs calado a partir de una aproximación lineal. Sin embargo, como se realizó anteriormente, es necesario expresar la ecuación únicamente en función del peso del deportista. La tabla B.15 lista todas las cargas constantes a la que estará sometida la cabina del simulador.

Tabla B.15: Listado de componentes y la masa aproximada que ejercen.

Ítems	m (kg)
1 cabina de V1, 2 iakos y 2 amas	22.5
Empaquetaduras de caucho de nitrilo (popa y proa)	0.3
Flotador de la popa	4.27
Flotador de la proa	4.23
Pernos coche, tuercas, arandelas inoxidable y de caucho	0.9
1 remo	0.78
Sistema de cámaras	2
Masa total (m_t)	35.19

Fuente: Elaboración propia.

Se modifica la ecuación de flotación de la cabina de la canoa al reemplazar la masa total.

$$y_s = 0.1512(m_t x 9.81 + x_s) + 21.926 \quad (46)$$

Finalmente, se obtiene la siguiente ecuación:

$$y_s = 0.1512(345.21 + x_s) + 21.926 \quad (47)$$

Donde:

x_s : Peso del deportista (N)

y_s : Calado en la cabina de canoa V1 (mm)

La figura B.39 muestra la comparación gráfica entre la ecuación de flotación experimental enunciada en (44) y la ecuación de flotación de la cabina en (47). Ambas están en función del peso del atleta.

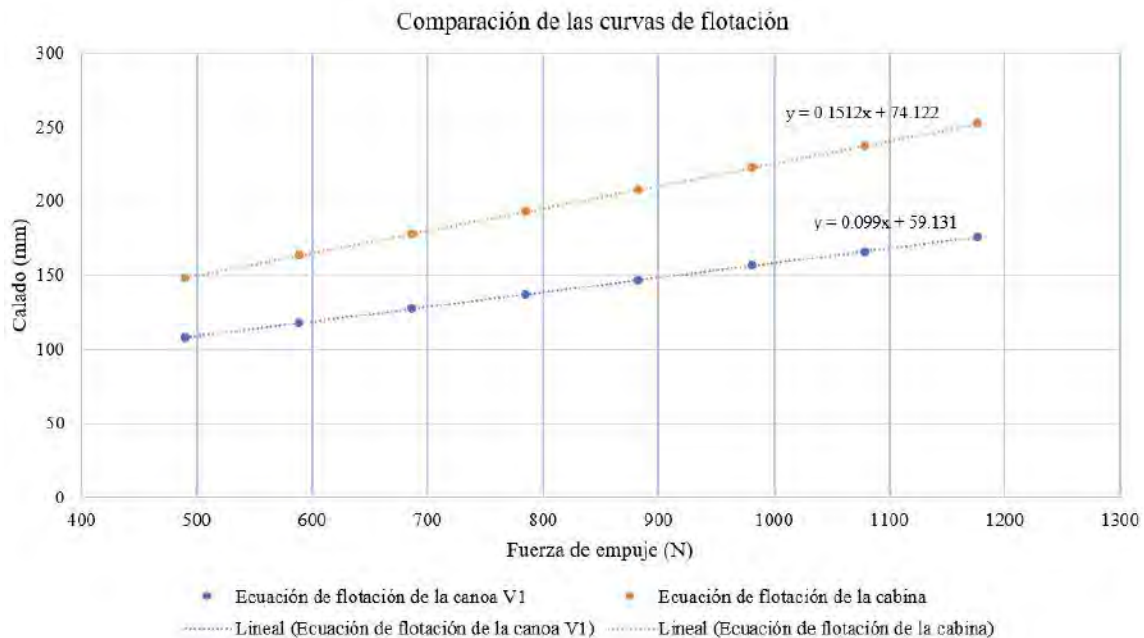


Figura B.39: Comparación entre las curvas de flotación de la canoa V1 completa y la cabina. Fuente: Elaboración propia.

Del estudio se reconoce que es necesario diseñar flotadores que permitan compensar la curva de flotación de la cabina para así obtener el mismo nivel de calado en un rango de 50 a 110 kg. Sin embargo, se observa que el volumen sumergido de los flotadores no es una constante. Esto se demuestra al notar a que ambas curvas no poseen la misma pendiente. Con el objetivo de conseguir una aproximación preliminar, se calcula el volumen que se necesita para compensar la flotación de un atleta de masa 85 kg.

En primer lugar, se convierte la masa de 85 kg a peso:

$$x_e = x_s = 85 \times 9.81 = 833.85 \text{ N} \quad (48)$$

Luego de reemplazar en la ecuación (48) en (44) se obtiene el calado en la canoa V1:

$$y_e = 141.7 \text{ mm} \quad (49)$$

Luego de reemplazar en la ecuación (49) en (47) se obtiene el empuje que debería proporcionar la cabina de la canoa V1:

$$E_e = 446.83 \text{ mm} \quad (50)$$

La fuerza de empuje de los flotadores necesaria para obtener el mismo nivel de calado, se obtiene de la diferencia entre el empuje que genera el calado de la canoa V1 y el empuje que resulta de reemplazar el calado deseado en la ecuación del empuje de la cabina. Esto se puede apreciar en la figura B.40.

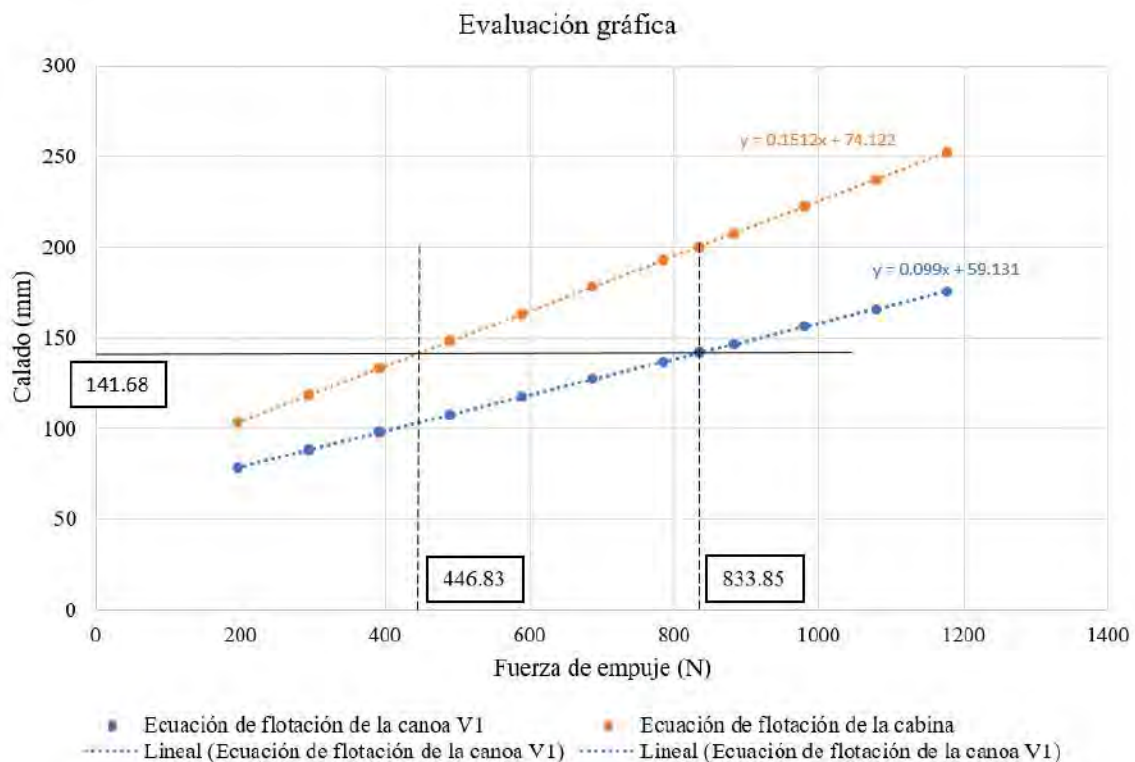


Figura B.40: Valores de la fuerza de empuje a partir del nivel de calado, evaluación gráfica. Fuente: Elaboración propia.

La diferencia de los empujes es:

$$E_f = 833.85 - 446.83 = 387.02 \text{ N} \quad (51)$$

Donde:

E_f : Empuje de los flotadores (N)

El cálculo del volumen que se necesita para producir la fuerza expresada en (51) se calcula a partir de la fórmula de Arquímedes en (38). Reemplazando (51) en (38), se obtiene un volumen sumergido de:

$$V_{sumergido} = 0.0395 \text{ m}^3 \quad (52)$$

Se utiliza como referencia el volumen de un cilindro recto, con sección en forma de elipse, para conocer las dimensiones aproximadas de los flotadores.

$$V_{cilindro} = A_{elipse} \times l = (\pi \times a \times b) \times l \quad (53)$$

Donde:

a : semieje mayor, b : semieje menor, l : longitud del cilindro

Por lo tanto, el volumen sumergido necesario puede ser aproximadamente equivalente a 2 cilindros (ubicados en la popa y proa) de las dimensiones $a = 138.1 \text{ mm}$, $b = 70 \text{ mm}$ y $l = 650 \text{ mm}$. Se observa el diseño en Autodesk Inventor de la propuesta preliminar con los flotadores de forma cilíndrica en la figura B.41 y figura B.42.

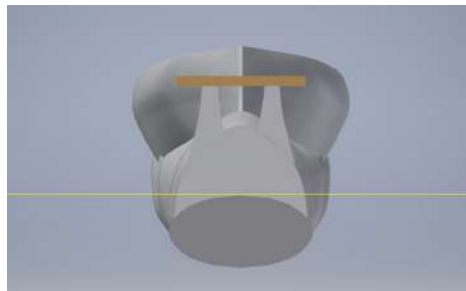


Figura B.41: Vista frontal del ensamblaje de la cabina con los flotadores de forma cilíndrica. Fuente: Elaboración propia.

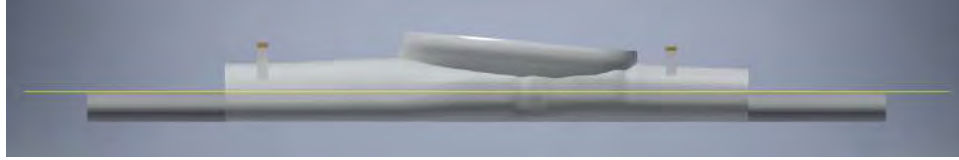


Figura B.42: Vista de perfil del ensamblaje de la cabina con los flotadores de forma cilíndrica. Fuente: Elaboración propia.

A partir de la aproximación preliminar, y después de un proceso iterativo de prueba y error en alturas diferentes de calado, se obtiene la geometría de los flotadores (ver figura B.43 y figura 4.7 en el documento principal). Las características de los flotadores se resumen en la tabla B.16.

Tabla B.16: Listado de componentes y la masa aproximada que ejercen.

Características	Flotador (popa)	Flotador (proa)
Longitud (mm)	750	750
Altura máxima (mm)	265	295
Masa (kg)	4.3	4.2
Material	Fibra de vidrio	Fibra de vidrio

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se realizan los cálculos de flotación de la cabina ensamblada con los flotadores diseñados para validarlo con la curva de la canoa V1. Se realiza el mismo procedimiento redactado anteriormente. En primer lugar, se determinan los planos de corte de igual forma y distancias que para el cálculo de flotación de la cabina (ver figura B.43).

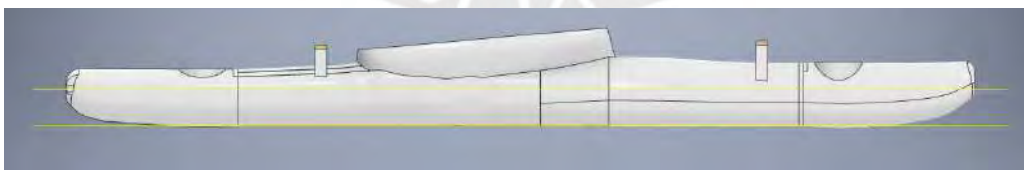
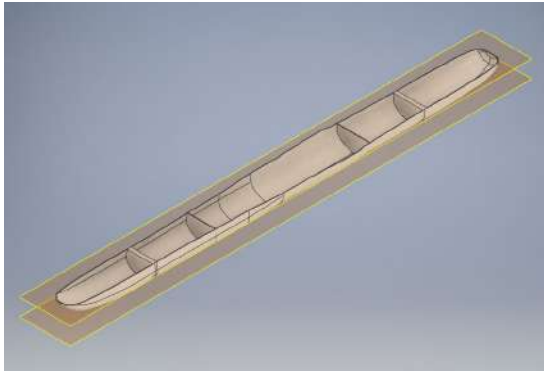
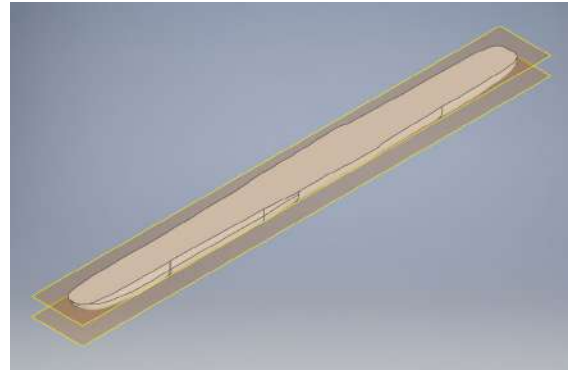


Figura B.43: Plano de corte del ensamblaje de la cabina con los flotadores ubicado a 160 mm. Fuente: Elaboración propia.

En segundo, lugar se realizan los cortes necesarios y se extrae la porción sólida de cada sección (ver figura B.44).



(a)



(b)

Figura B.44: Secciones hueca y sólida del ensamblaje de la cabina con los flotadores a una distancia de 160mm.
Fuente: Elaboración propia.

Luego de obtener el volumen de los 18 cortes, se construye la tabla B.17.

Tabla B.17: Cálculo computacional de la fuerza de empuje a partir de diferentes niveles de calado.

Nº	Nivel o calado (mm)	Volumen sumergido (mm^3)	Fuerza de empuje (N)	Fuerza de empuje (kg-f)
1	50	25879672.837	253.8795905	25.87967284
2	100	74469014.554	730.5410328	74.46901455
3	110	85190113.810	835.7150165	85.19011381
4	120	96010157.568	941.8596457	96.01015757
5	130	106893468.536	1048.624926	106.8934685
6	140	117806253.729	1155.679349	117.8062537
7	150	128713742.763	1262.681817	128.7137428
8	160	139577758.039	1369.257806	139.577758
9	170	150361895.528	1475.050195	150.3618955
10	180	160999484.153	1579.40494	160.9994842
11	190	171430804.455	1681.736192	171.4308045
12	200	181533765.138	1780.846236	181.5337651
13	210	191180544.535	1875.481142	191.1805445
14	220	200171193.390	1963.679407	200.1711934
15	230	208460483.345	2044.997342	208.4604833
16	240	215965960.974	2118.626077	215.965961
17	250	222532257.937	2183.04145	222.5322579
18	260	227907672.339	2235.774266	227.9076723

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se obtiene la curva de flotación de la cabina con flotadores en la figura B.45, en la cual se puede obtener su función lineal indicada en (54).

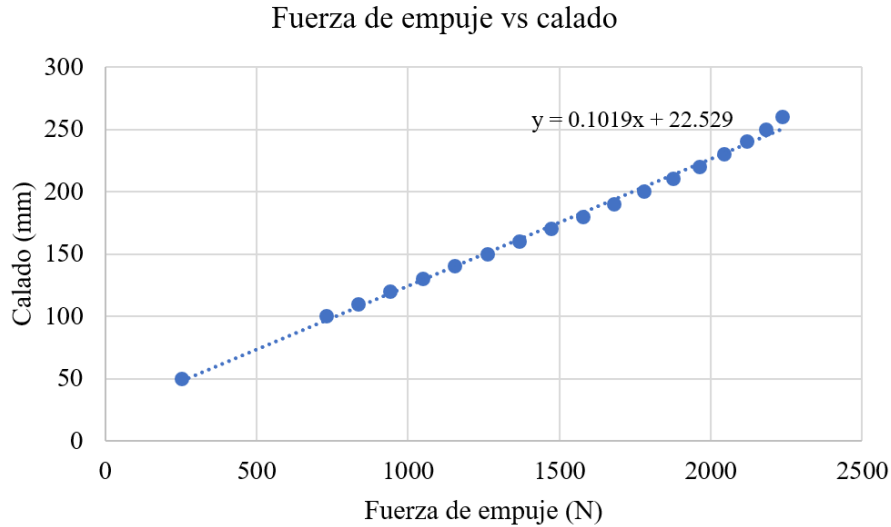


Figura B.45: Gráfica de fuerza de empuje vs calado del ensamble de la cabina con los flotadores. Fuente: Elaboración propia.

$$y_f = 0.1019(m_t \times 9.81 + x_f) + 22.529 \quad (54)$$

Donde:

m_t se obtiene de la tabla B.15

Finalmente, se corrige la curva para obtener la ecuación en función de la masa del atleta. Se modifica la ecuación de flotación del ensamble al reemplazar la masa total extra de los componentes.

Finalmente se expresa la ecuación final:

$$y_f = 0.1019(345.21 + x_f) + 22.529 \quad (55)$$

Donde:

x_f : Peso del deportista (N)

y_f : Calado en la cabina con flotadores (mm)

Las ecuaciones (44) y (55) permiten representar ambas curvas de flotación en la figura B.46. Se concluye que el ensamble de los flotadores en la popa y en la proa en la cabina del simulador permite obtener el mismo nivel de calado que en una canoa polinesia convencional en aguas abiertas en el rango de masa permisible del simulador (50 kg a 110 kg).

Comparación de las curvas de flotación

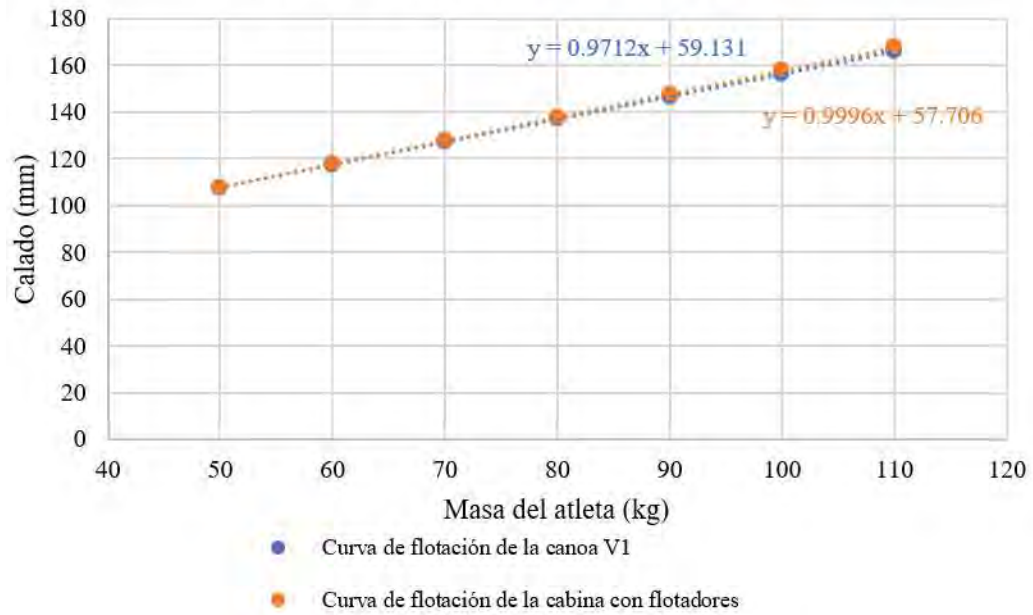
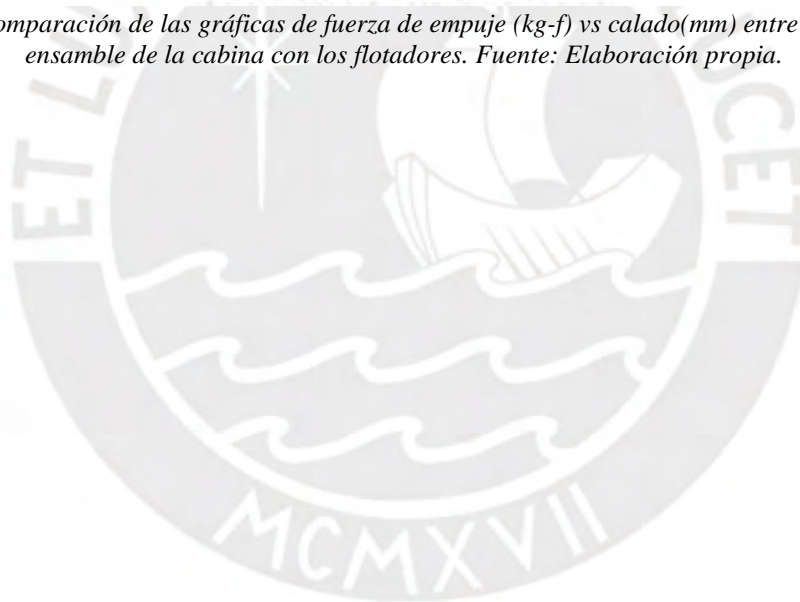


Figura B.46: Comparación de las gráficas de fuerza de empuje (kg-f) vs calado(mm) entre la canoa V1 y el ensamble de la cabina con los flotadores. Fuente: Elaboración propia.



B.5 Sistema vaivén

Formas de sujeción de la canoa

En el simulador, se atan los cables de acero en cada extremo de los iakos hacia los caballetes como se muestra en la figura 4.13 del documento principal. Sin embargo, es posible que existan otras configuraciones que permitan sujetar la canoa. En una técnica correcta de remado de *Va'a* enfocada en el formato de competición paralímpica (velocidad en línea recta), el atleta debe mantener la canoa recta en todo momento. Las dos configuraciones que se proponen en esta sección reducen la tensión lateral de los cables, lo que añade una dificultad que es mantener la canoa en el centro.

Configuración 1:

En esta configuración se sujeta la cabina con dos cables de acero plastificado en la parte posterior. La sujeción se realiza sobre la madera posterior en la que se atan usualmente los iakos.

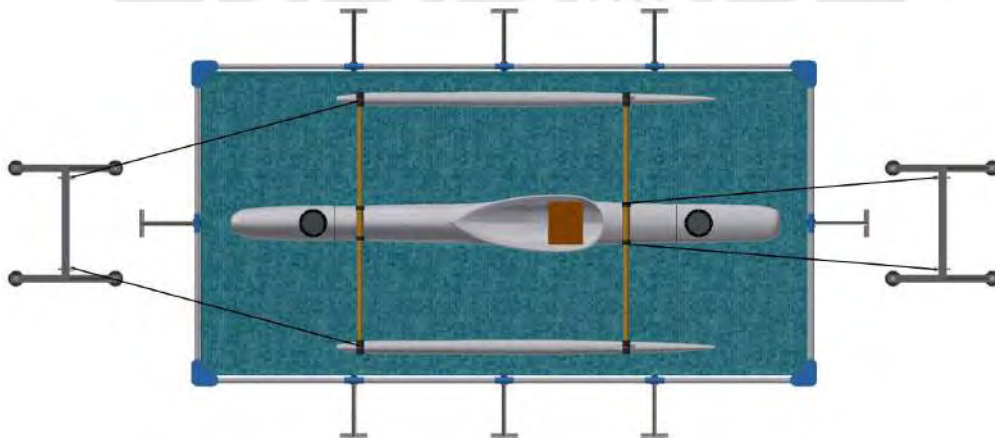


Figura B.47: Configuración estándar de las ligas en el sistema vaivén. Fuente: Elaboración propia.

Configuración 2:

En esta configuración se ata un solo cable en el centro en la parte posterior de la cabina. El reto para el atleta es mantenerse en el centro mientras rema.

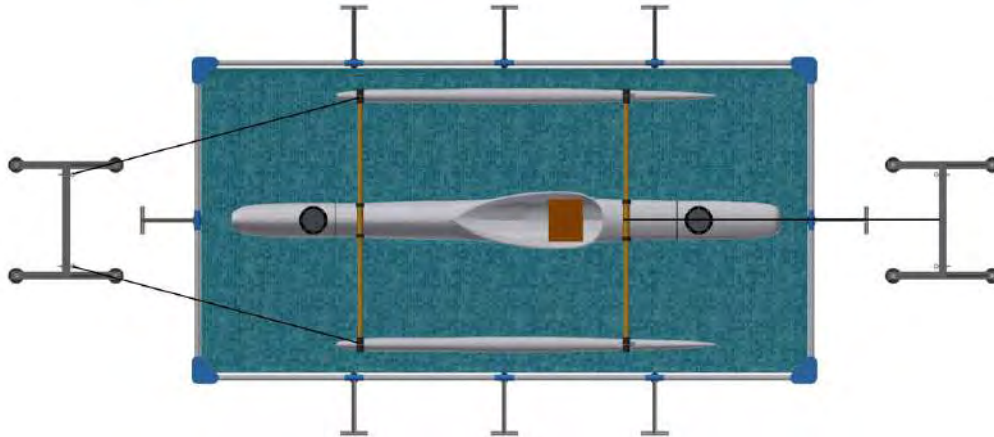


Figura B.48: Configuración estándar de las ligas en el sistema vaivén. Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la fuerza de remado preliminar

Se realiza una prueba experimental mediante una balanza de peso electrónica y una soga atada a la parte posterior de una canoa V1 en aguas abiertas. En primer lugar, el atleta se coloca en la posición inicial con la soga sin tensionarse (a). En segundo lugar, rema de forma continua y al límite de su capacidad. En el instante en el que la soga empieza a ejercer una fuerza contraria, el deportista alcanza una fuerza de remado máxima (b). En tercer lugar, el atleta rema 10 segundos más al límite de su capacidad y finaliza la prueba (c). En este periodo final, la fuerza de remado es aproximadamente constante.



Figura B.49: Fotografías en Lima del tesista en el experimento de fuerza de remado. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla B.18 se muestran los resultados obtenidos. No fue posible obtener un registro en el tiempo de la fuerza de remado (como el observado en la figura 2.6 del documento principal)

debido a que la balanza de peso ofrece valores con un bajo periodo de muestreo y el registro de los datos está condicionado a la observación en la pantalla del dispositivo. Se indican los valores aproximados en el instante de fuerza máxima, a 5 segundos y a 10 segundos del inicio del experimento.

Tabla B.18: Resultados del experimento de fuerza de remado en remeros de Va'a.

Atleta	Intento 1			Intento 2		
	Fuerza máxima N (kg-f)	Fuerza t=5s N (kg-f)	Fuerza t=10s N (kg-f)	Fuerza máxima N (kg-f)	Fuerza t=5s N (kg-f)	Fuerza t=10s N (kg-f)
1	245.3 (25)	107.9 (11)	107.9 (11)	255.1 (26)	98.1 (10)	98.1 (10)
2	196.2 (20)	107.9 (11)	107.9 (11)	245.3 (25)	98.1 (10)	98.1 (10)
3	294.3 (30)	117.7 (12)	117.7 (12)	294.3 (30)	117.7 (12)	107.9 (11)

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de los caballetes para el sistema vaivén

Se realiza una simulación de elementos finitos en el *software* Autodesk Inventor, en el cual se determinan los esfuerzos y el factor de seguridad en diferentes secciones de los caballetes al producirse una fuerza de tensión. Por un lado, en el experimento se obtuvo que la fuerza máxima de remado era de 294.3 N (30 kg-f). Por otro lado, en el estudio biomecánico de la técnica de remado en canoa dragón (técnica parecida a la de Va'a), mencionado en la sección 2.2 del documento principal, se determinó que la fuerza máxima de remado en atletas experimentados era en promedio 270.5 N (27.6 kg-f), y en atletas novatos de 214.8 N (21.9 kg-f) (Ho et al., 2009). En la simulación se considera que la fuerza de remado máxima es de 294.3 N (30 kg-f).

En primer lugar, se analiza el DCL de la canoa atada a los dos caballetes mediante los cuatro cables de acero plastificado (ver figura B.50). El sistema se encuentra inicialmente con pretensión debido al ajuste que se realiza con los tensores en el lado de la proa a las cuerdas elásticas.

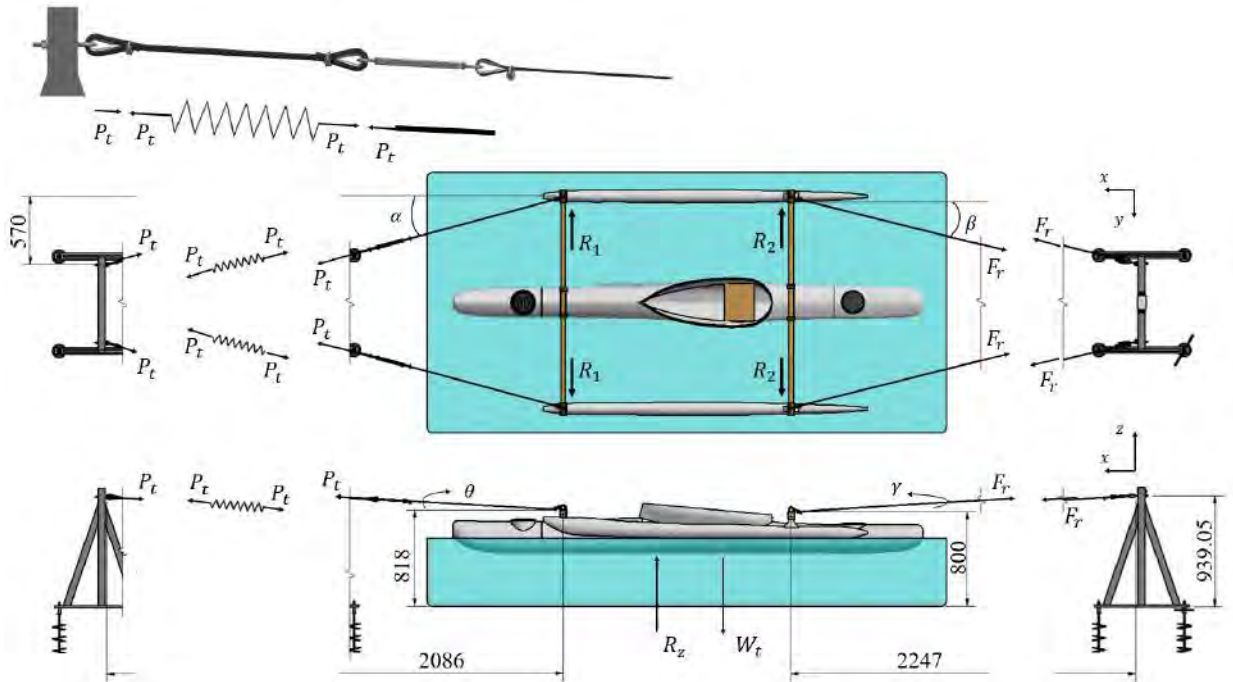


Figura B.50: DCL del sistema vaivén en el instante de máxima fuerza de remado. Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, a partir del análisis geométrico de la figura B.50, se pueden calcular los ángulos α , θ , β y γ .

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{570}{2086}\right) = 15.3^\circ \quad (56)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{939.05 - 818}{2086}\right) = 3.3^\circ \quad (57)$$

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{570}{2247}\right) = 14.2^\circ \quad (58)$$

$$\gamma = \tan^{-1}\left(\frac{939.05 - 800}{2247}\right) = 3.5^\circ \quad (59)$$

En segundo lugar, se realiza el equilibrio de fuerzas en el instante de fuerza máxima de remado. Se considera que las cuerdas de acero no se deforman, por lo que las cuerdas elásticas (idealizadas como resortes) conservan siempre la fuerza inicial que las tracciona (pretensión). La fuerza de

pretensión es a consideración del usuario, sin embargo, se considera una fuerza de 150 N (aproximadamente 15 kg-f) como indica el fabricante Ibex Marina para cuerdas elásticas de 12.5 mm de diámetro del tipo BS3F70 (ver tabla B.19). Se seleccionan estas cuerdas porque al 75% de su elongación garantizan como mínimo una fuerza de 370 N (37.7 kg-f), lo cual sería suficiente para que usando 2 cuerdas resistan la tracción provocada al remar. La fuerza pretensión permite que la canoa no se desvíe hacia babor o estribor con el objetivo de que la celda de carga pueda registrar los datos adecuadamente y además evitar impactos contra las paredes de la piscina.

Tabla B.19: Fuerza ejercida por cuerdas de distinto diámetro a partir de su elongación.

Diámetro (mm)	10%	30%		75%		Extensión Total
	Mínimo N (kg-f)	Mín. N (kg-f)	Máx. N (kg-f)	Mín. N (kg-f)	Máx. N (kg-f)	
8	60 (6.1)	88 (9)	116 (11.8)	150 (15.3)	196 (20.0)	105%
9.5	80 (8.2)	120 (12.2)	170 (17.3)	210 (21.4)	280 (28.5)	105%
12.5	150 (15.3)	210 (21.4)	280 (28.5)	370 (37.7)	480 (48.9)	105%
16	240 (24.5)	350 (35.7)	460 (46.9)	600 (61.2)	500 (51.0)	105%
Recomendación para carga de pretensión 10% de elongación						

Fuente: Elaboración propia a partir de Ibex Marina (2021).

Analizando el equilibrio de fuerzas en el eje x, se obtiene la siguiente ecuación:

$$\sum F_x = 0:$$

$$2P_t \cos(\theta) \cos(\alpha) + F_{max} = 2F_r \cos(\gamma) \cos(\beta) \quad (60)$$

Donde:

$$P_t = 147.2 \text{ N (15kg.f)}$$

$$F_{max} = 294.3 \text{ N (30kg.f)}$$

Reemplazando (56), (57), (58), (59) en (60) se obtiene que:

$$F_r = 298.5 \text{ N (30.43 kg.f)} \quad (61)$$

Debido a que el sistema es simétrico respecto del eje x, se cumple que $\sum F_y = 0$. Por otro lado, se considera que la fuerza de los cables en el eje z no intervienen en el cálculo de flotación, pero sí para la simulación de los caballetes. En tercer lugar, debido a la ley de acción reacción, se obtiene la fuerza F_r que jala a los caballetes, la cual se descompone en los 3 ejes cardinales para poder realizar la simulación.

$$F_x = F_r \cos(\gamma) \cos(\beta) \quad (62)$$

$$F_y = -F_r \cos(\gamma) \sin(\beta) \quad (63)$$

$$F_z = -F_r \sin(\gamma) \quad (64)$$

Finalmente, reemplazando (56), (57), (58), (59) y (61) en (62), (63) y (64) se obtienen los resultados mostrados de la tabla B.20.

Tabla B.20: Descomposición de la fuerza de remado ejercida sobre cada listón de madera.

Fuerza	Magnitud (N)
F_x	288.86
F_y	-73.09
F_z	-18.22

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del estudio permiten obtener las dimensiones y la geometría de los caballetes considerando un factor de seguridad de 3. Se seleccionan listones de madera Pino Radiata de sección 0.75” x 2.25”¹ a excepción del listón horizontal, donde se ubican las armellas, que es de 1.5 x 2.25”. Las armellas son de acero inoxidable y de diámetro 5/16”. La figura B.51 muestra la ubicación de las zonas de esfuerzo a la fluencia (a), factores de seguridad (b) y desplazamiento (c) en los caballetes al aplicarse las fuerzas descritas en la tabla B.20. Los valores se muestran en las ecuaciones (65), (66) y (67) respectivamente.

¹ En el mercado peruano se venden listones de madera con medidas comerciales que difieren de la medida real. Se seleccionarían listones de medidas 1”x3” y de 2”x3”.

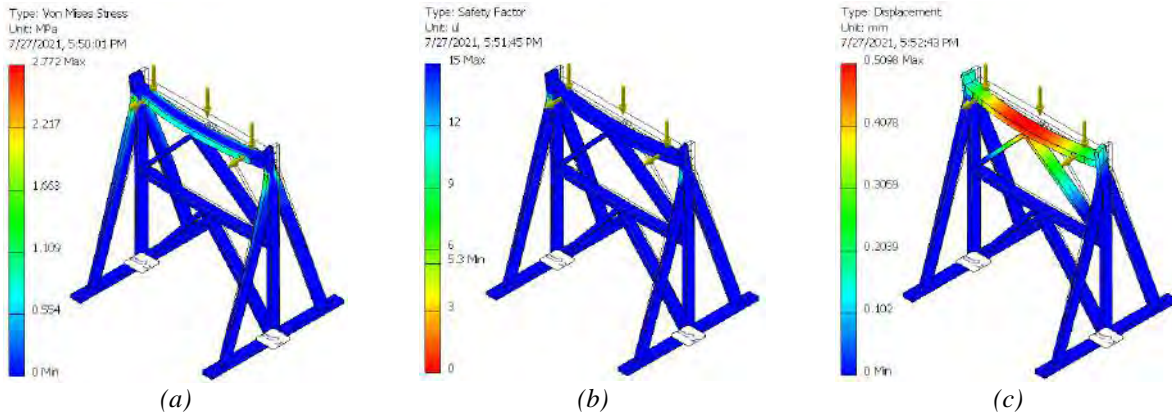


Figura B.51: Esfuerzo a la fluencia, factor de seguridad y desplazamiento en los caballetes producidos por la fuerza de remado máxima. Fuente: Elaboración propia.

$$\sigma_f = 2.77 \text{ MPa} \quad (65)$$

$$FS = 5.3 \quad (66)$$

$$\Delta_s = 0.509 \text{ mm} \quad (67)$$

Por último, se realiza una simulación en la cual se aplica una carga perpendicular de 294.3 N (30 kg-f) sobre un listón lateral. Esto para estudiar la rigidez del sistema. En la figura B.52 se muestra la ubicación de las zonas de esfuerzo a la fluencia (a), factores de seguridad (b) y desplazamiento (c). Los valores se muestran en las ecuaciones (68), (69) y (70) respectivamente.

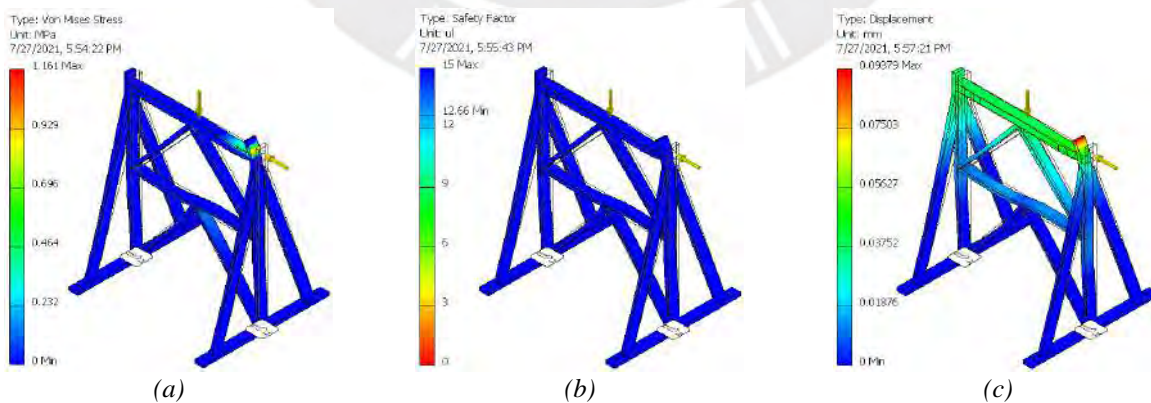


Figura B.52: Esfuerzo a la fluencia, factor de seguridad y desplazamiento en los caballetes producidos por una fuerza lateral. Fuente: Elaboración propia.

$$\sigma_f = 1.161 \text{ MPa} \quad (68)$$

$$FS = 12.7 \quad (69)$$

$$\Delta_s = 0.094 \text{ mm} \quad (70)$$

Los resultados del estudio determinan que el diseño de los caballetes presenta un factor de seguridad de acuerdo a los criterios de diseño planteados y las deformaciones que se producen son menores a 1 mm. Por lo tanto, la estructura soportará las cargas y no presentará vibraciones significativas.

Ensamble y fuerza de pretensión

La fuerza de pretensión que se aplica al sistema de cuerdas por medio de los tensores puede ser medida indirectamente por las celdas de carga mediante la ecuación mostrada en (60). Sin embargo, se debe considerar que la $F_{max} = 0$, pues en ese momento no se está remando. La ecuación quedaría:

$$P_t \cos(\theta) \cos(\alpha) = F_r \cos(\gamma) \cos(\beta) \quad (71)$$

Donde:

$$P_t = 15 \text{ kg.f}$$

De igual manera, reemplazando (56), (57), (58), (59) en (71) se obtiene que:

$$F_r = 146.5 \text{ N (14.93 kg.f)} \quad (72)$$

Por lo tanto, el valor medido en cada celda de carga para un valor de pretensión de 147.2 N (15 kg-f) sería aproximadamente 146.5 N (14.93 kg-f). Se puede utilizar el mismo procedimiento para conocer indirectamente otros valores de pretensión deseados.

ANEXO C: DISEÑO ELECTRÓNICO

En el presente capítulo, se seleccionan los componentes electrónicos (sensores, microcontroladores, convertidores analógico-digital, elevadores de voltaje, baterías de litio entre otros) de los accesorios de medición fuerza y de alcance de remado. Asimismo, se presentan los códigos de programación de las consolas. Finalmente, se seleccionan las cámaras digitales y se realizan los cálculos que permiten conocer su posicionamiento en el simulador.

C.1 Selección de sensores de fuerza

Inspección de la balanza de peso





Se inspeccionó internamente la balanza de peso para observar los componentes electrónicos que permitían registrar la fuerza en el experimento realizado en aguas abiertas. En la figura C.1, se puede apreciar el uso de galgas extensiométricas adheridas sobre una placa de aluminio para obtener la fuerza a partir del cálculo de esfuerzos.



Figura C.1: Detalle de la electrónica interna de la balanza de peso. Fuente: Elaboración propia.

Se realizó una búsqueda de sensores o dispositivos que permitan registrar una fuerza o carga aplicada (ver tabla C.1).


Tabla C.1: Listado de sensores de fuerza.

Descripción	Galga extensiométrica (Naylamp Mechatronics, 2020) 	Sensor de fuerza Flexiforce (Sparkfun, 2021) 	Celda de carga (Naylamp Mechatronics, 2020) 	Celda de carga tipo S (AliExpress, 2021) 
Costo	S/. 5	\$/ 30-50	S/. 18-80	\$/ 18-80

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes indicadas.

A continuación, se redactan las ventajas que se encontraron en el empleo de celdas de carga respecto de los demás sensores. En primer lugar, se observó que la celda de carga utiliza el mismo principio que la balanza de peso. Este producto utiliza galgas extensiométricas adheridas en ambas caras a la pieza de aluminio o de acero inoxidable. En segundo lugar, es un producto listo para ensamblarse, debido a que las galgas extensiométricas ya se encuentran adheridas y recubiertas por el fabricante. En el caso de utilizar solo galgas extensiométricas se debe de diseñar el mecanismo que estará sometido a los esfuerzos y adherirlas correctamente. En tercer lugar, el uso de celdas de carga es muy popular, por ello existen tarjetas electrónicas (tarjeta HX711) que tienen integrado los filtros adecuados (capacitores y resistencias) y a su vez un convertidor de señal analógico-digital que permite la lectura de esfuerzos por el microcontrolador. Además, el código para su programación es de uso libre (GitHub, 2020). En cuarto lugar, están disponibles en el mercado peruano y en las tiendas virtuales extranjeras más conocidas. Por las razones explicadas anteriormente, se selecciona la celda de carga tipo “s” o de tracción. En la tabla C.2, se indican las principales características del dispositivo seleccionado.

Tabla C.2: Características de la celda de carga seleccionada.

Descripción	Celda de carga tipo “S” (AliExpress, 2021)
	
Capacidad de carga	5 kg-f hasta 5 T-f
Dimensiones (mm)	63.5x50.8x12.7
Material	Aluminio
Capacidad de sobrecarga	150% FS
Voltaje de excitación	5-15V
Temperatura de trabajo	-20 °C a 80 °C
Salida física	4 cables (Puente Wheatstone)
Costo	20-100\$

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes indicadas.

C.2 Selección del microcontrolador

Microcontroladores

En primer lugar, se realiza una búsqueda de microcontroladores en el mercado local (ver tabla C.3). Los filtros de búsqueda que se consideraron son que el número de entradas y salidas digitales sea compatible con los requerimientos electrónicos de cada accesorio, y que sea del menor tamaño posible.

Tabla C.3: Listado de microcontroladores comerciales.


Descripción	Arduino Nano (Arduino, 2019)	Arduino Micro (Arduino, 2019)	Arduino Pro Mini (Sparkfun, 2021)
			
Microcontrolador	ATmega328	ATmega32U4	ATmega328
Voltaje de alimentación de la placa (V)	7 - 12	7 - 12	5-12

Tabla C.3. Continuación - Listado de microcontroladores comerciales.

Voltaje de salida (V)	5	5	5
Número de pines digitales I/O	22 (6 PWM)	20	14
Número de pines analógicos de entrada	8	12	6
Velocidad de reloj (MHz)	16	16	16
Consumo de corriente DC por pin (mA)	40	20 – 50	40
Dimensiones (mm)	18 x 45	48 x 18	33 x 18
Masa (g)	7	13	2
Costo (Soles)	20.00	35.00	15.00

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes indicadas.

Módulos Bluetooth

En segundo lugar, se realiza una búsqueda de módulos Bluetooth en el mercado peruano (ver tabla C.4). Este módulo permitiría comunicar inalámbricamente la placa electrónica con el sistema de *software*.

Tabla C.4: Listado de módulos bluetooth comerciales.

Descripción	Módulo Bluetooth HC05	Módulo Bluetooth 4.0 BLE HM-10
		
Voltaje de operación (V)	3.6 - 6	3.3 - 5
Corriente de consumo DC por pin (mA)	50	8.5
Protocolo bluetooth	V2.0	V4.0 BLE
Configuración	Maestro / esclavo	Maestro / esclavo
Dimensiones (mm)	37 x 16	40 x 16.7
Masa (g)	3.6	8.5
Costo (Soles)	28.00	40.00

Fuente: Elaboración propia a partir de Naylamp Mechatronics (2020).

Microcontroladores con Bluetooth integrado

En la tabla C.5, se listan las características de 2 microcontroladores con *Bluetooth* integrado. Estos dispositivos ocupan menos espacio que la combinación de 2 módulos (microcontrolador y *Bluetooth*) por separado, por lo que son más convenientes para el diseño de las consolas electrónicas. En primer lugar, se reconoce que se debe seleccionar como mínimo un microcontrolador de 16 bits y 16 MHz de velocidad de reloj. El microcontrolador debe enviar números decimales (*float*) y se utilizarán como mínimo 2 hilos (1 para el envío de datos y 1 para el procesamiento). En segundo lugar, es necesario que el protocolo Bluetooth sea rápido, puesto que el programa maestro solicita la información cada 60 ms para el accesorio de fuerza de remado y 40 ms para el accesorio de alcance de remado (es necesario que se termine de enviar completamente el paquete de datos antes de la siguiente petición). Finalmente, debería ser accesible, de preferencia, en el mercado peruano y no requerir, en lo posible, de otros componentes para su funcionamiento. En la tabla C.5, se observa que el costo del microcontrolador ESP32 es muy inferior respecto del módulo Bluno Nano. Asimismo, el protocolo *Bluetooth* que utiliza es superior (V4.2), lo que permitirá enviar y recibir datos a mayor velocidad, aunque se reconoce que el protocolo V4.0 es suficiente para la aplicación. La velocidad de reloj de ambos dispositivos permite el procesamiento de los datos; sin embargo, la del ESP32 es mucho mayor. El voltaje de entrada del ESP32 es de 5 V, por lo que solo se necesitaría un elevador de voltaje para alimentar al microcontrolador y a los demás sensores. El módulo Bluno Nano cumple con las especificaciones de velocidad de procesamiento, arquitectura de bits, protocolo Bluetooth y su consumo de energía es menor que la del ESP32. Sin embargo, se necesitaría de un elevador de voltaje adicional (7 V a 12 V) y además no está disponible en el mercado peruano, por lo que se tendría que agregar el costo de envío del componente.

Tabla C.5: Listado de microcontroladores con Bluetooth integrado.

Descripción	Placa ESP32 NodeMcu-32 (Naylamp Mechatronics, 2020)	Módulo Bluno Nano (DFRobot, 2019)
		
Microcontrolador	ESP32	Atmega328
Voltaje de operación (V)	5	7-12
Voltaje de salida (V)	3.3	5
Corriente de consumo (mA)	180 - 240	40 mA por pin de salida
Protocolo Bluetooth	V4.2 BL3	V4.0
Arquitectura (bits)	32	16
Velocidad de reloj (MHz)	80-240	16
Configuración	Maestro / esclavo	Maestro / esclavo
Dimensiones (mm)	55 x 22	53 x 19
Masa (g)	10	20
Costo	S/. 34.00	\$ 24.90 (dólares americanos)

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes indicadas.

C.3 Selección del convertidor ADC

Las celdas de carga comerciales presentan usualmente una precisión del 0.02% o una precisión comercial de clase C3. Por otra parte, el cálculo de precisión de un convertidor ADC se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{1}{2^n - 1} 100\% \quad (73)$$

Donde:

n = número de bits

Igualando la ecuación (73) a una precisión de 0.02% se obtiene:

$$n = 12.28 \quad (74)$$

Por lo tanto, se requiere una precisión mayor a 12 bits. El ADC que se selecciona es el HX711 (ver tabla C.6). El HX711 proporciona una precisión de 24 bits, la cual es suficiente para poder leer

adecuadamente los esfuerzos que se produzcan. Además, está diseñado específicamente para este tipo de aplicaciones, por lo que también incluye capacitores y resistencias que filtran y amplifican los valores leídos de las galgas extensiométricas internas de la celda de carga.

Tabla C.6: Características del ADC HX711.

Descripción	ADC (HX711) (Naylamp Mechatronics, 2020) 
Voltaje de operación (V)	2.7 – 5.5
Precisión	24 bits
Consumo de corriente (mA)	1.5 mA
Temperatura de trabajo	-40 °C - 85 °C
Frecuencia de lectura	10 - 80 Hz
Costo (S/.)	12
Dimensiones (mm)	38x21x10

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes indicadas.

C.4 Selección de baterías de litio

Selección de batería para el accesorio medidor de proximidad

En primer lugar, se realiza el análisis de la energía que consumen los componentes del accesorio de fuerza con el fin de determinar la energía total que requiere la batería. Debido a que los componentes electrónicos trabajan a un voltaje diferente al voltaje nominal de la batería, es necesario realizar una equivalencia de potencias mediante la siguiente ecuación:

$$P = V_e I_e = V_s I_s \quad (75)$$

Donde:

P = Potencia (W)

V_e = Voltaje de entrada (V), V_s = Voltaje de salida (V),

I_e = Corriente de entrada (A), I_s = Corriente de salida (A)

En la tabla C.7, se muestra el detalle de la energía que requieren los componentes de la consola de medición de fuerza de remado.

Tabla C.7: Consumo de energía de los componentes del accesorio medidor de fuerza.

Componente	Potencia de salida		Potencia de entrada		Capacidad requerida	
	Voltaje componente (V)	Corriente componente (mA)	Voltaje batería (V)	Corriente batería (mA)	Tiempo de funcionamiento (h)	Energía requerida (mAh)
ESP32	5	200	3.7	270.3	5	1351.5
HX711 (x2)	5	3	3.7	4.1	5	20.5
leds y resistencias (2)	5	40	3.7	54.1	5	270.5
Capacidad requerida (C_p)						1642.5

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de energía del ESP32 en sus diferentes modos de operación, se obtuvo de su hoja de datos, la cual se puede visualizar en el anexo G. Se considera una corriente de consumo promedio de 200 mA para el ESP32, que ocurre cuando la conexión bluetooth está activa (el microcontrolador está emparejado con el aplicativo de escritorio, y se está enviando y/o recibiendo información). Se reconoce que la corriente que necesita el microcontrolador cuando está en el modo *Modem-sleep* (CPU está activo pero el *Bluetooth* no está emparejado) es mucho menor (aproximadamente 20 - 31 mA). Sin embargo, para el cálculo de energía se considera una conexión *Bluetooth* activa, y que se está enviando y/o recibiendo información durante las 5 horas.

En segundo lugar, en la tabla C.8, se muestran las características del cargador de baterías y elevador de voltaje seleccionado. La eficiencia del elevador de voltaje del J5019 es 93%. La capacidad final de la batería se calcula al dividir la capacidad requerida anteriormente mencionada entre la eficiencia:

$$C_f = \frac{C_p}{\text{eficiencia}} = \frac{1642.5}{93\%} = 1766.13 \text{ mAh} \quad (76)$$


Tabla C.8: Propiedades del cargador y elevador de voltaje J5019.

Descripción	Cargador y elevador de voltaje J5019 
Voltaje de entrada (V)	4 a 7.5
Tipo de batería (V)	LiPo 3.7V
Voltaje de salida (V)	4.5 a 24
Corriente de salida máxima (A)	1
Eficiencia	93%
Dimensiones (mm)	33 x 24
Costo (soles)	12.00

Fuente: Elaboración propia a partir de (Hobby Components, 2020).

Finalmente, se selecciona una batería de litio comercial de 3.7V con una capacidad de 2200 mAh (ver tabla C.9).

Tabla C.9: Características de la batería de litio comercial.

Descripción	Batería LiPo 
Voltaje de carga (V)	5
Voltaje de salida (V)	3.7
Corriente x h (mAh)	2200
Costo (Soles)	17.00

Fuente: Elaboración propia a partir de Electrónica HI-FI SAC (2020).

Selección de baterías para el accesorio medidor de alcance de remado

En primer lugar, la tabla C.10 realiza el análisis de energía en los componentes del dispositivo de fuerza para posteriormente calcular la energía que requiere la batería. Se utiliza la misma equivalencia de potencias de la ecuación (75).

Tabla C.10: Consumo de energía de los componentes del accesorio medidor del alcance de palada.

Componente	Potencia de salida		Potencia de entrada		Capacidad requerida	
	Voltaje componente (V)	Corriente componente (mA)	Voltaje batería (V)	Corriente batería (mA)	Tiempo de funcionamiento (h)	Energía requerida (mAh)
ESP32	5	200	3.7	270.3	5	1351.5
HC-SR04 (x4)	5	60	3.7	81.1	5	405.5
leds y resistencias (x2)	5	40	3.7	54.1	5	270.5
Capacidad requerida (C_p)						2027.5

Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar, se calcula la capacidad final de la batería incluyendo la eficiencia del elevador de voltaje del J5019 (93%) a la capacidad requerida:

$$C_f = \frac{C_p}{\text{eficiencia}} = \frac{2027.5}{93\%} = 2180.11 \text{ mAh} \quad (77)$$

Finalmente, se selecciona una batería de litio de 3.7V y una capacidad de 2200mAh.

C.5 Selección de sensores de proximidad

Rango de operación del sensor

Se considera que el sensor deberá tener un rango de medición de 850 mm como mínimo. Además, deberá poseer un ángulo de apertura (α°) de aproximadamente 30° para facilitar el registro de la pala a partir de un área de detección y no sobre un punto (ver figura C.2). En esta sección, solo se bosquejan los rangos de operación del sensor. Posteriormente, en la sección D.1, se plantean las ecuaciones para el cálculo de la distancia recorrida, velocidad y aceleración; además, se señalan algunas limitaciones del sensor.

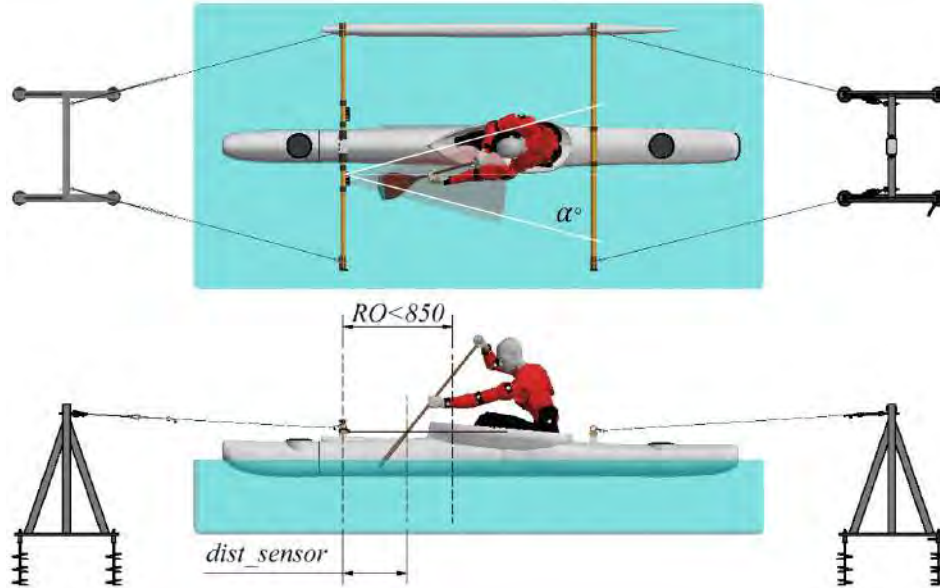


Figura C.2: Rango de operación del sensor que permite obtener el alcance de palada. Fuente: Elaboración propia.

Selección de sensores de proximidad

Luego de determinar los rangos de operación, se realiza una búsqueda de sensores comerciales en el mercado peruano que registren la distancia (ver tabla C.11). Se selecciona el sensor HC-SR04 debido a su fácil accesibilidad, bajo costo y debido a que sus características cumplen con los rangos de operación (rango de medición > 850 mm y un ángulo de apertura de $\alpha^\circ = 30$).

Tabla C.11: Listado de sensores de proximidad.

Descripción	GP2Y0A02	JSN-SR04	HC-SR04
Tipo de sensor	Infrarrojo	Ultrasonido	Ultrasonido
Voltaje de operación (V)	4.5 – 5.5	5	5
Corriente de trabajo (mA)	33	30	15
Rango de medición (mm)	200 - 1500	250 - 4500	20 - 4500
Ángulo de apertura ($^\circ$)	No aplica	$<50^\circ$	30°
Precisión (mm)	No aplica	3	3
Resistente al agua	No	Sí	No
Dimensiones (mm)	29.5 x 13 x 21.6	22 x 17	45 x 20 x 15
Costo (Soles)	45.00	55.00	8.00

Fuente: Elaboración propia a partir de Naylamp Mechatronics (2020).

C.6 Códigos de programación

A continuación, se presentan los subprogramas de la consola que mide la fuerza y de la consola que mide alcance de remado.

Subprograma del sensor de fuerza

```
#include "HX711.h"
#include "BluetoothSerial.h"
#define PUERTO_ANALOG 2

hw_timer_t * timer = NULL;
portMUX_TYPE timerMux = portMUX_INITIALIZER_UNLOCKED;

BluetoothSerial SerialBT;
HX711 scale1;
HX711 scale2;

//CELDA DE CARGA
const int DT1 = 25;
const int SCK1 = 26;

const int DT2 = 32;
const int SCK2 = 33;

//LEDS
const int ledON = 19;
const int ledLOW = 18;

//VARIABLES GLOBALES
float force1 = 0;
float force2 = 0;

byte force1_b[4];
byte force2_b[4];

String inputString = "";

int estado = 0;
int bateria = 0;

void callback(esp_spp_cb_event_t event, esp_spp_cb_param_t *param){
    if(event == ESP_SPP_SRV_OPEN_EVT){
        Serial.println("Client Connected");
        estado = 1;
    }
}

void IRAM_ATTR onTimer() {

    if (SerialBT.available()){

        char data1 = (char)SerialBT.read();
        inputString = data1;

        if (inputString == "1"){

            float2Bytes(force1,&force1_b[0]);
```

```

float2Bytes(force2,&force2_b[0]);

byte bufferi[8] = {
  (byte)force1_b[0],
  (byte)force1_b[1],
  (byte)force1_b[2],
  (byte)force1_b[3],
  (byte)force2_b[0],
  (byte)force2_b[1],
  (byte)force2_b[2],
  (byte)force2_b[3]
};

Serial.println(1);
SerialBT.write(bufferi,sizeof(bufferi));
}
}
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  //CONFIGURACION LEDS
  pinMode(ledON , OUTPUT);
  pinMode(ledLOW , OUTPUT);
  digitalWrite(ledON , HIGH);
  digitalWrite(ledLOW , LOW);

  //CONFIGURACION CELDA 1
  scale1.begin(DT1, SCK1);
  scale1.read();
  scale1.set_scale(106635);
  scale1.tare(20);

  //CONFIGURACION CELDA 2
  scale2.begin(DT2, SCK2);
  scale2.read();
  scale2.set_scale(106635);
  scale2.tare(20);

  RevisaBateria();

  //CONFIGURACION TIMER
  timer = timerBegin(0, 80, true);
  timerAttachInterrupt(timer, &onTimer, true);
  timerAlarmWrite(timer, 20000, true);

  SerialBT.register_callback(callback);
  if(!SerialBT.begin("ESP32:ForceSensor")){
    Serial.println("An error occurred initializing Bluetooth");
  }else{
    Serial.println("Bluetooth initialized");
  }
}

void loop() {
  switch(estado)
  {
    case 0:
      Serial.println("case:0");
      delay(50);
      break;

```

```

    case 1:
        if (SerialBT.available()){
            SerialBT.write(1);
            Serial.println("go case:2");
            timerAlarmEnable(timer);
            estado = 2;
            break;
        }

        Serial.println("case:1");
        delay(50);
    break;

    case 2:
        force1 = scale1.get_units();
        delay(5);
        force2 = scale2.get_units();
        Serial.println("case:2");
        RevisaBateria();
        estado = 2;
    break;

    case 3:
        digitalWrite(ledLOW , HIGH);
        digitalWrite(ledON , LOW);
        delay(3000);
        Serial.println("sleep");
        esp_deep_sleep_start();
        estado = 3;
    break;
}
}

void float2Bytes(float val,byte* bytes_array){
    union {
        float float_variable;
        byte temp_array[4];
    } u;
    u.float_variable = val;
    memcpy(bytes_array, u.temp_array, 4);
}

void RevisaBateria() {
    bateria = 0.0009*analogRead(PUERTO_ANALOG);
    if (bateria < 3) {
        estado = 3;
    }
}
}

```

Subprograma del sensor de proximidad

```
#include "BluetoothSerial.h"
#define PUERTO_ANALOG 13

hw_timer_t * timer = NULL;
portMUX_TYPE timerMux = portMUX_INITIALIZER_UNLOCKED;

BluetoothSerial SerialBT;

//IZQUIERDA
const int trigPin1 = 32;
const int echoPin1 = 33;

const int trigPin2 = 25;
const int echoPin2 = 26;

//DERECHA
const int trigPin3 = 4;
const int echoPin3 = 2;

const int trigPin4 = 18;
const int echoPin4 = 19;

//LEDS
const int ledON = 14;
const int ledLOW = 12;

//VARIABLES GLOBALES
float duration1;
int distance1=0;
byte distancia1_b[4];

float duration2;
int distance2=0;
byte distancia2_b[4];

float duration3;
int distance3=0;
byte distancia3_b[4];

float duration4;
int distance4=0;
byte distancia4_b[4];

String inputString = "";

int estado = 0;
int bateria = 0;

void callback(esp_spp_cb_event_t event, esp_spp_cb_param_t *param){
    if(event == ESP_SPP_SRV_OPEN_EVT){
        Serial.println("Client Connected");
        estado = 1;
    }
}

void IRAM_ATTR onTimer() {

    if (SerialBT.available()){
```

```

char data1 = (char)SerialBT.read();
inputString = data1;

    if (inputString == "1"){

        float2Bytes(distance1,&distancia1_b[0]);
        float2Bytes(distance2,&distancia2_b[0]);
        float2Bytes(distance3,&distancia3_b[0]);
        float2Bytes(distance4,&distancia4_b[0]);

        byte bufferi[16] = {
            (byte)distancia1_b[0],
            (byte)distancia1_b[1],
            (byte)distancia1_b[2],
            (byte)distancia1_b[3],

            (byte)distancia2_b[0],
            (byte)distancia2_b[1],
            (byte)distancia2_b[2],
            (byte)distancia2_b[3],

            (byte)distancia3_b[0],
            (byte)distancia3_b[1],
            (byte)distancia3_b[2],
            (byte)distancia3_b[3],

            (byte)distancia4_b[0],
            (byte)distancia4_b[1],
            (byte)distancia4_b[2],
            (byte)distancia4_b[3],
        };

        Serial.println(1);
        SerialBT.write(bufferi,sizeof(bufferi));
    }
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);

    //CONFIGURACION LEDS
    pinMode(ledON , OUTPUT);
    pinMode(ledLOW , OUTPUT);
    digitalWrite(ledON , HIGH);
    digitalWrite(ledLOW , LOW);

    //CONFIGURACION ULTRASONIDO
    pinMode(trigPin1, OUTPUT);
    pinMode(echoPin1, INPUT);
    pinMode(trigPin2, OUTPUT);
    pinMode(echoPin2, INPUT);
    pinMode(trigPin3, OUTPUT);
    pinMode(echoPin3, INPUT);
    pinMode(trigPin4, OUTPUT);
    pinMode(echoPin4, INPUT);

    RevisaBateria();

    timer = timerBegin(0, 80, true);
    timerAttachInterrupt(timer, &onTimer, true);
    timerAlarmWrite(timer, 20000, true);
}

```

```

SerialBT.register_callback(callback);
if(!SerialBT.begin("ESP32:ProximidadSensor")){
  Serial.println("An error occurred initializing Bluetooth");
}else{
  Serial.println("Bluetooth initialized");
}
}

void loop() {
switch(estado)
{
case 0:
  Serial.println("case:0");
  delay(50);
  break;

case 1:
  if (SerialBT.available()){
    SerialBT.write(1);
    Serial.println("go case:2");
    timerAlarmEnable(timer);
    estado = 2;
  }
  break;
  Serial.println("case:1");
  delay(50);
break;

case 2:
  //1
  digitalWrite(trigPin1, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin1, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin1, LOW);
  pinMode(echoPin1, INPUT);
  duration1 = pulseIn(echoPin1, HIGH);
  distance1 = duration1*0.034/2;

  //2
  digitalWrite(trigPin2, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin2, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin2, LOW);
  pinMode(echoPin2, INPUT);
  duration2 = pulseIn(echoPin2, HIGH);
  distance2 = duration2*0.034/2;

  //3
  digitalWrite(trigPin3, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin3, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin3, LOW);
  pinMode(echoPin3, INPUT);
  duration3 = pulseIn(echoPin3, HIGH);
  distance3 = duration3*0.034/2;

  //4
  digitalWrite(trigPin4, LOW);

```

```

        delayMicroseconds(2);
        digitalWrite(trigPin4, HIGH);
        delayMicroseconds(10);
        digitalWrite(trigPin4, LOW);
        pinMode(echoPin4, INPUT);
        duration4 = pulseIn(echoPin4, HIGH);
        distance4 = duration4*0.034/2;

        Serial.println("case:2");
        RevisaBateria();
        estado = 2;
    break;

    case 3:
        digitalWrite(ledLOW , HIGH);
        digitalWrite(ledON , LOW);
        delay(3000);
        Serial.println("sleep");
        esp_deep_sleep_start();
        estado = 3;
    break;
}
}

void float2Bytes(float val,byte* bytes_array){
    union {
        float float_variable;
        byte temp_array[4];
    } u;
    u.float_variable = val;
    memcpy(bytes_array, u.temp_array, 4);
}

void RevisaBateria() {
    bateria = 0.0009*analogRead(PUERTO_ANALOG);
    if (bateria < 3) {
        estado = 3;
    }
}
}

```

C.7 Sistema de cámaras

En la tabla C.12, se muestran las características de la cámara acuática seleccionada.

Tabla C.12: Características de la cámara seleccionada.

Características	GoPro – HERO7 White  (GoPro, 2019)
Resolución de video	4k a 30fps /1080p a 60fps
Acuática	Sí (sumergible hasta 10m)
Rango de enfoque	>20 cm
Tamaño del sensor	1/2.3''
Distancia focal	14 mm

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes indicadas.

Los soportes del sistema de cámaras se diseñan de forma que sea posible utilizar los accesorios que se incluyen con la compra de cámaras acuáticas en general (ver figura C.3).

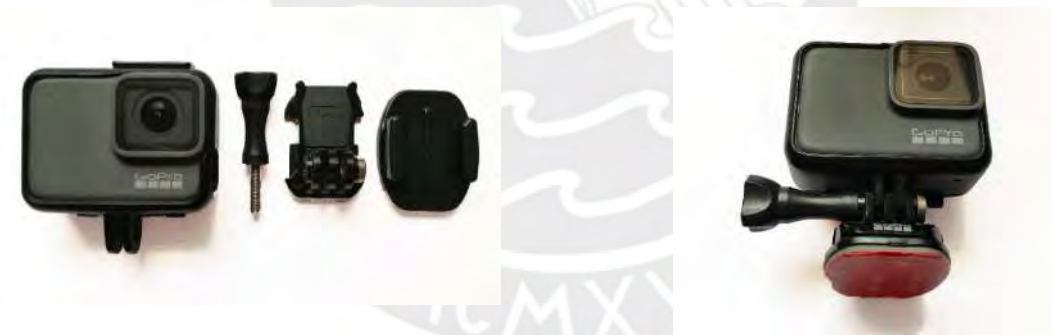


Figura C.3: Fotografía de los accesorios de la cámara GoPro y su ensamble. Fuente: Elaboración propia.

En la figura C.4 se muestra que las placas elaboradas en plástico PETG poseen el soporte inferior que permite ensamblarse con las cámaras. Esto se diseña tanto para los soportes laterales y para el soporte de la cámara frontal.

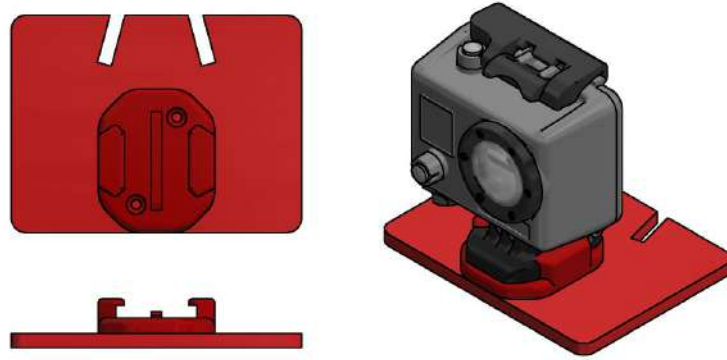


Figura C.4: Detalle del ensamble entre la placa inferior y la cámara. Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de las cámaras

La compañía Teledyne FLIR ofrece una fórmula que permite obtener la distancia de trabajo respecto del campo de visión y características de la cámara, ver figura C.5 y la fórmula (78).

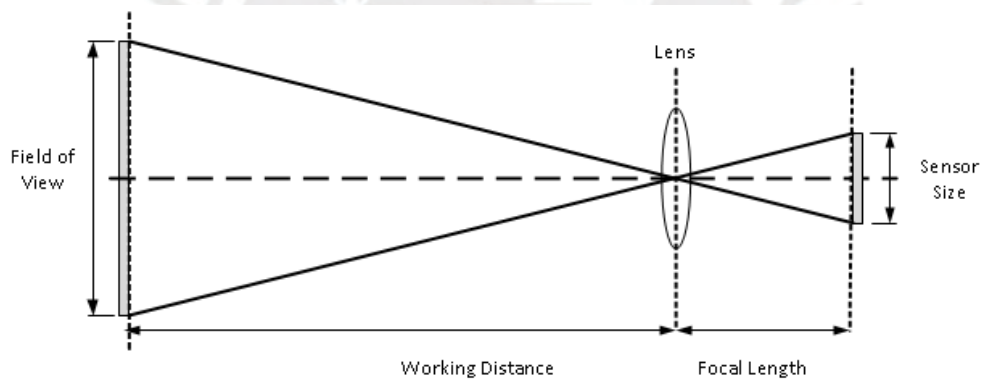


Figura C.5: Diseño en Autodesk Inventor de la cabina de canoa VI. Fuente: Teledyne FLIR (2020).

$$focal_length = \frac{sensor_size \times working_dist}{field_of_view + sensor_size} \quad (78)$$

A partir de la fórmula (78), se despeja la distancia de trabajo y se obtiene:

$$working_dist = \frac{focal_length \times (field_of_view + sensor_size)}{sensor_size} \quad (79)$$

Las características de la cámara se extraen de la tabla C.12,

$$sensor_size = \frac{1''}{2.3} = 11.043 \text{ mm} \quad (80)$$

$$focal_length = 14 \text{ mm} \quad (81)$$

El campo de trabajo se considera de una altura

$$field_of_view = 1000 \text{ mm} \quad (82)$$

Reemplazando en (79), se obtiene la distancia de trabajo:

$$working_dist = 1281.716 \text{ mm} \quad (83)$$

Se determina que se necesita una distancia de trabajo de aproximadamente 1300 mm.

Se puede obtener el ángulo de visión de cada cámara:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{500}{1300}\right) \approx 21^\circ \quad (84)$$

Mediante pruebas experimentales se determinó que el ángulo que permitía obtener el campo total de trabajo es de:

$$\alpha \approx 25^\circ \quad (85)$$

ANEXO D: DISEÑO SOFTWARE

En el presente capítulo, se explica (mediante algoritmos simplificados en pseudocódigo) el código de programación que ejecuta el aplicativo de escritorio, el cual procesa los datos de las consolas de fuerza y de proximidad. Asimismo, se indican las fórmulas que permiten obtener los valores de fuerza de remado, velocidad, aceleración, entre otras. Finalmente, se describen las pantallas principales de la interfaz gráfica de usuario.

D.1 Procesamiento de las consolas

Procesamiento de los datos de la consola de fuerza

La figura D.1 muestra el pseudocódigo correspondiente al procesamiento de datos de la consola de fuerza. Luego de dar clic sobre el botón “START” en la ventana de entrenamiento, el sistema empieza a procesar los datos cíclicamente hasta que se interrumpa el proceso con el botón “STOP”. En primer lugar, el sistema convierte de byte a tipo flotante los datos de ambas celdas de carga. En segundo lugar, se calcula la fuerza de remado resultante en la línea 11 del pseudocódigo, la cual se deriva de despejar el equilibrio de fuerzas de la ecuación (60), ubicada en la sección B.5 del presente documento. Finalmente, se muestran los datos en la interfaz de usuario.

Algorithm 1 Sensor de fuerza

```
1: //fr1 → lectura del sensor 1
2: //fr2 → lectura del sensor 2
3: //ft → fuerza de pretensión
4:
5: while Start do
6:   Read_global(fr1,fr2,ft)
7:   //Convertir los datos de los sensores de byte a float
8:   fr1 = Byte_to_Float(fr1)
9:   fr2 = Byte_to_Float(fr2)
10:  //Cálculo de la fuerza de remado
11:  fremado = fr1 * cos(γ) * cos(β) + fr2 * cos(γ) * cos(β) - 2 * pt * cos(θ) * cos(α)
12:  //Mostrar la gráfica de fuerza
13:  plot(t, fremado)
14: end while
```

Figura D.1:Pseudocódigo del procesamiento de la consola de fuerza. Fuente: Elaboración propia.

Procesamiento de los datos de la consola de proximidad

En primer lugar, se explica el cálculo de la distancia de palada a partir de la lectura de los sensores de proximidad. Las distancias que son de importancia para el registro de los datos se muestran en la figura D.2.

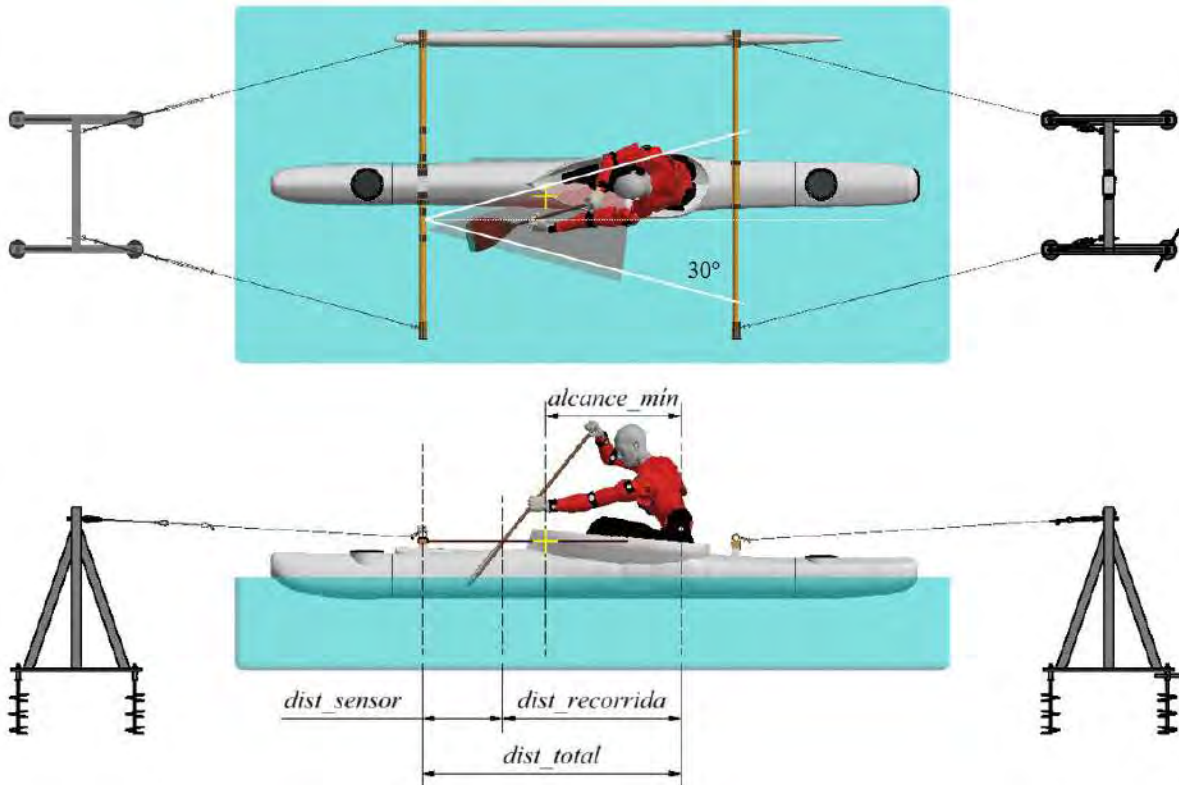


Figura D.2:Detalle del alcance de palada del atleta. Fuente: Elaboración propia.

La distancia total es una constante medida desde el centro del asiento al centro del diámetro del bambú, la cual se muestra en la ecuación:

$$dist_{total} = 1490 \text{ mm} \quad (86)$$

El cálculo de la distancia de palada se calcula mediante la fórmula:

$$d_{palada} = d_{total} - d_{sensor} \quad (87)$$

En segundo lugar, se explican las ecuaciones para el cálculo de la velocidad y aceleración

instantáneas. El atleta empieza el entrenamiento en posición de ataque (ver figura D.2). La velocidad instantánea se calcula considerando la división entre la distancia de palada y el tiempo que le tomo recorrer la siguiente vez hasta ese mismo punto.

$$v = d(t - t_{old}) \quad (88)$$

Se reconoce que la distancia de palada podría variar cada vez que el atleta llega al punto de alcance objetivo; sin embargo, se considera constante para la aproximación. Si el atleta no llegará al punto de alcance objetivo, el sistema considera el tiempo que se demore hasta conseguir una palada correcta. Por otra parte, la aceleración instantánea se calcula dividiendo la variación de la velocidad entre el tiempo.

$$a = (v - v_{old}) / (t - t_{old}) \quad (89)$$

El cálculo del número de palada x minuto se calcula dividiendo la cantidad de paladas entre el tiempo actual expresado en minutos.

$$NPalxmin = Npal / (t/60) \quad (90)$$

En la figura D.3 y figura D.4, se muestra el pseudocódigo correspondiente al procesamiento de datos de la consola de proximidad en el tipo libre y asistido, respectivamente. En las líneas 16, 17 y 39 de la figura D.3 se muestran las líneas de código para el cálculo de la velocidad, aceleración y número de paladas x mín. El sistema también puede contabilizar y caracterizar si la palada se realizó del lado izquierdo o derecho. Si la palada se realiza del lado izquierdo los sensores de proximidad de la izquierda registrarán un cambio de distancia registrada y así se determina de qué lado se realizó la palada, esto mismo ocurre si la palada se realiza del lado derecho. Asimismo, activa un sonido, el cual confirma que la palada realizada fue correcta. En tercer lugar, el sistema almacena temporalmente los datos de los sensores en una lista de sensores. Luego de detener el

entrenamiento, el usuario decide si desea guardar esta información. Finalmente, se muestra la información de velocidad, aceleración de los sensores, entre otros en la interfaz de usuario.

Algorithm 2 Sensor de proximidad (tipo libre)

```

1: //dt → distancia del sensor al asiento
2: //ds → lectura del sensor
3: //d → alcance de remado actual
4: //v → velocidad actual
5: //a → aceleración actual
6: dold ← 0, vold ← 0, aold ← 0, told ← 0, first ← true
7:
8: while Start do
9:   Read_global(t, ds1, ds2, ds3, ds4)
10:  (ds1, ds2, ds3, ds4) = Byte_to_Float(ds1, ds2, ds3, ds4)
11:  [ds, tipoPalada] = Min&Type(ds1, ds2, ds3, ds4)
12:  d = dt - ds
13:  //Si llega al punto de alcance objetivo se considera una palada correcta
14:  if (d ≥ alcance de remado - tol1) then
15:    if (first = true) then
16:      v = d/(t - told)
17:      a = (v - vold)/(t - told)
18:      dr = dr + d
19:      //Caracterización del tipo de palada
20:      if (tipoPalada = izq) then
21:        izq = izq + 1
22:        lado ← 'i'
23:      else
24:        der = der + 1
25:        lado ← 'd'
26:      end if
27:      Npal = Npal + 1
28:      dold ← d
29:      vold ← v
30:      aold ← a
31:      told ← t
32:      sound()
33:      first = false
34:    end if
35:  else
36:    first = true
37:  end if
38:  //Cálculo de paladas x mín
39:  NPalxmin = Npal/(t/60)
40:  //Guardar en la lista sensores
41:  listaSensores ← listaSensores.Add(t, dr, NPalxmin, vold, aold, lado, force)
42:  //Mostrar los valores en la interfaz
43:  show(t, dr, vold, aold, izq, der, Npal, NPalxmin)
44:  //Mostrar las gráficas de velocidad y aceleración
45:  plot(t, vold)
46:  plot(t, aold)
47: end while

```

Figura D.3: Pseudocódigo del procesamiento de la consola de proximidad (tipo libre). Fuente: Elaboración propia.

Algorithm 3 Sensor de proximidad (tipo asistido)

```
1: //dt → distancia del sensor al asiento
2: //ds → lectura del sensor
3: //d → alcance de remado actual
4: //v → velocidad actual
5: //a → aceleración actual
6: dold ← 0, vold ← 0, aold ← 0, told ← 0, n ← 1, first ← true
7:
8: while Start do
9:   //Si está dentro del periodo de palada, se evalúa si los sensores captaron al remo
10:  Read_global(t, ds1, ds2, ds3, ds4)
11:  (ds1, ds2, ds3, ds4) = Byte_to_Float(ds1, ds2, ds3, ds4)
12:  [ds, tipoPalada] = Min&Type(ds1, ds2, ds3, ds4)
13:  d = dt - ds
14:  if (d ≥ alcance de remado - tol1) then
15:    if (first = true) then
16:      if (t ≥ periodo de palada * n ± tol2) then
17:        v = d / (t - told)
18:        a = (v - vold) / (t - told)
19:        dr = dr + d
20:        //Caracterización del tipo de palada
21:        if (tipoPalada = izq) then
22:          izq = izq + 1
23:          lado ← 'i'
24:        else
25:          der = der + 1
26:          lado ← 'd'
27:        end if
28:        Npal = Npal + 1
29:        dold ← d
30:        vold ← v
31:        aold ← a
32:        told ← t
33:        sound()
34:      end if
35:      first = false
36:    end if
37:  else
38:    first = true
39:  end if
40:  NPalexmin = Npal / (t / 60) //Cálculo de paladas x mín
41:  //Guardar en la lista sensores
42:  listaSensores ← listaSensores.Add(t, dr, NPalexmin, vold, aold, lado, force)
43:  //Mostrar los valores en la interfaz
44:  show(t, dr, vold, aold, izq, der, n, Npal, NPalexmin)
45:  //Mostrar las gráficas de velocidad y aceleración
46:  plot(t, vold), plot(t, aold)
47:  if (t > periodo de palada * n + tol2) then
48:    n = n + 1
49:  end if
50: end while
```

Figura D.4: Pseudocódigo del procesamiento de la consola de proximidad (tipo asistido). Fuente: Elaboración propia.

Limitaciones de la consola de proximidad

- El sensor de proximidad lee como válido cualquier objeto que se cruce en el rango de distancia de palada seteado; es decir, que se pueden producir valores errados por interferencias. Los salpicones de agua no son captados por el sistema.
- El sensor de proximidad podría no registrar adecuadamente la palada del atleta si el alcance de remado no supera los 840 mm, por ejemplo, en el caso de un niño o un atleta de baja estatura. El sensor leería el extremo superior de la cubierta (ver figura D.2). Esto puede arreglarse desplazando los sensores hacia los extremos, sin embargo, no se garantiza el correcto registro de los datos.
- El cálculo de la aceleración se realiza mediante la división de la velocidad en el tiempo, lo cual podría producir picos indeseados. Esto debido a que se trata de la división de un escalón, lo cual se puede mejorar implementando un filtro digital, por ejemplo, un filtro Kalman. En la presente tesis, no se realiza el filtro correspondiente.

D.2 Interfaz gráfica de usuario

Ventana principal

La figura D.5 muestra la pantalla de inicio del sistema. En el menú, se observa a la izquierda la opción desplegable de “Base de Datos” (1), en la cual se ubica la pestaña “Usuarios” (2). Al lado derecho se encuentra la opción de “Entrenamientos” (3) con su respectiva pestaña “Nuevo Entrenamiento” (4). Finalmente, en el extremo derecho, la pestaña “Salir” (5) permite salir del sistema.

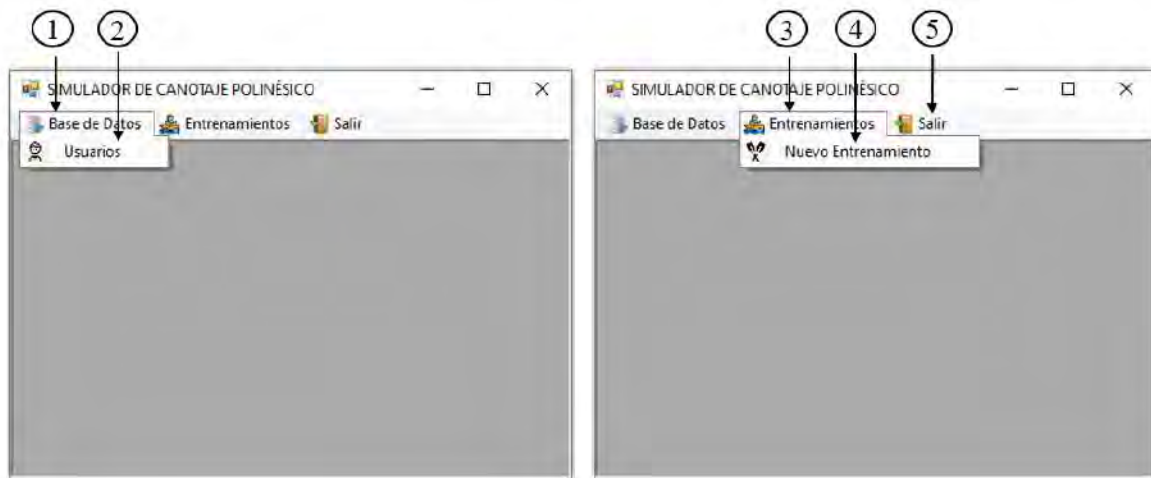


Figura D.5: Interfaz de inicio del sistema. Fuente: Elaboración propia.

Ventana usuarios

Luego de presionar sobre la pestaña usuario aparece la siguiente ventana (ver figura D.6) con la lista de usuarios registrados (2). En caso de no haber usuarios inscritos se mostrarán las celdas vacías. En el subgrupo (1) al dar clic sobre el botón buscar y llenar alguna de las casillas con los atributos de clase DNI y/o apellido paterno, se pueden filtrar los usuarios registrados. Además, en el subgrupo (3), se encuentran los botones que permiten agregar, modificar y/o eliminar usuarios del simulador.

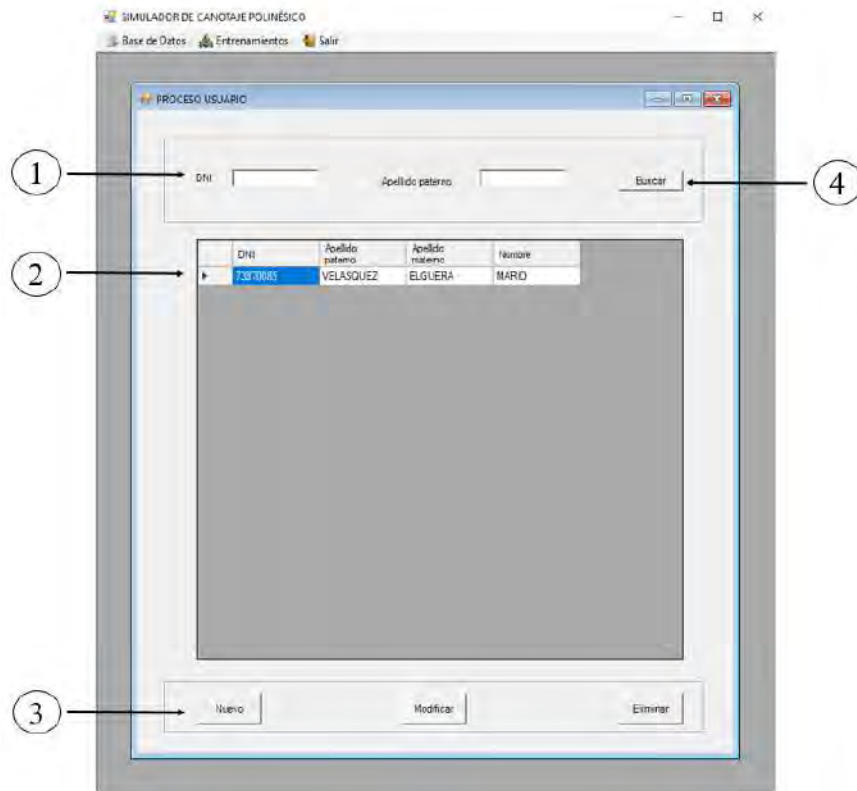


Figura D.6: Ventana de proceso de usuario del simulador. Fuente: Elaboración propia.

Nuevo entrenamiento

Después de registrarse en el sistema, es posible iniciar un entrenamiento al dar clic sobre la pestaña “Nuevo Entrenamiento”. Luego de dar clic, aparece la ventana mostrada en la figura D.7. En primer lugar, se debe añadir el DNI del atleta en el subgrupo (1) y luego se presiona el botón “Buscar” (4). Si el atleta se encuentra inscrito aparecerán sus datos debajo (2) y se activa el subgrupo (3). En este subgrupo, se deben seleccionar las consolas que se emplearán para el entrenamiento. Es posible utilizar 1 consola o ambas según se requiera. Finalmente, se debe dar clic sobre el botón “Siguiente” (5).

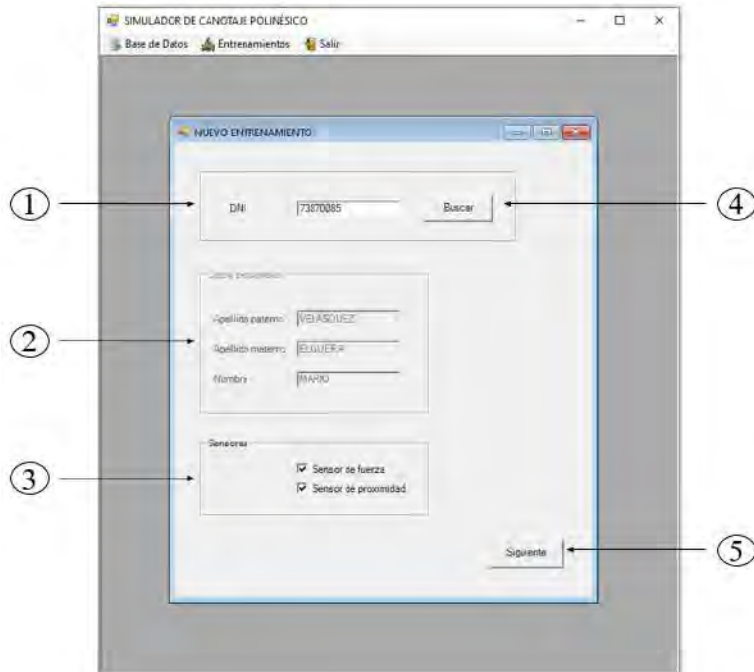


Figura D.7: Ventana “Nuevo Entrenamiento”. Fuente: Elaboración propia.

Luego aparece la siguiente ventana (ver figura D.8), en la cual se emparejarán los accesorios seleccionados. En primer lugar, se desplaza el combo box del subgrupo (1) y se selecciona el puerto serial correspondiente. La velocidad de transmisión, por defecto, es 115200bps. En segundo lugar, se da clic en “Scan Port”. Si la conexión fue exitosa aparecerá el mensaje de confirmación (4). En tercer lugar, se realiza el mismo procedimiento para el subgrupo (2) y se espera el mensaje de confirmación. En cuarto lugar, se debe seleccionar el tipo de entrenamiento que se realizará, “libre” o “asistido”. En el entrenamiento del tipo asistido, el sistema actúa como un metrónomo, en el cual el periodo de cada palada está indicado por el sistema. La verificación de una correcta palada se determina si el alcance de remado llegó al punto indicado y si la palada se realizó en el periodo al cual se configuró. Por otra parte, en el entrenamiento del tipo libre el atleta rema al periodo de su preferencia y solo se verifica si se llegó al alcance de remado objetivo. El sistema está configurado por defecto en el modo libre. Al finalizar de sincronizar ambos accesorios, se activa el subgrupo (3) y se da clic sobre el botón correspondiente.

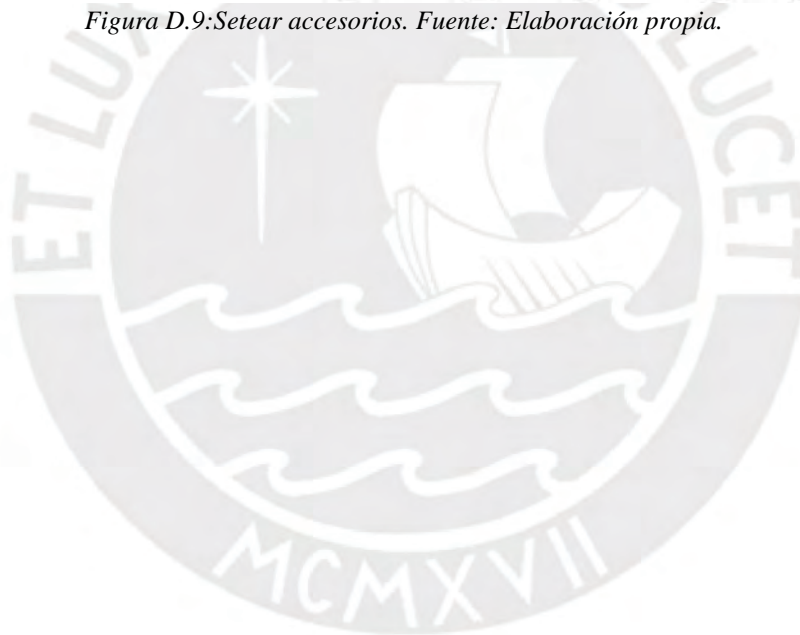


Figura D.8: Emparejamiento de los accesorios. Fuente: Elaboración propia.

Después aparece el subgrupo mostrado en la figura D.9, en el cual se muestran los valores actuales de cada sensor. Por un lado, es necesario setear el valor inicial de los sensores de fuerza (4), pues podría existir una fuerza de tensión producida por las ligas sin que exista aún una fuerza de remado. El sistema considera como valor de fuerza 0 la lectura en estado de “reposo” de la medición de las celdas de carga. Por otro lado, el programa necesita almacenar el alcance ideal del atleta (2). El atleta deberá colocarse en posición de ataque (guiado por su entrenador, en caso lo requiera). Cuando el atleta este en la posición de ataque se da clic sobre el botón “Parar” (1). Este botón detiene el sistema y activa los botones de “Resetear” (3) y “Listo” (5). Si los datos visualizados son los correctos se presiona el botón “Listo” (5). En caso contrario se da clic sobre “Resetear” (3) y se puede realizar el procedimiento nuevamente. Finalmente, luego de realizar los procedimientos redactados anteriormente aparece la ventana del entrenamiento principal. La explicación de esta ventana, en el modo libre y asistido, se muestra en el documento principal en la sección 4.4.3.



Figura D.9: Setear accesorios. Fuente: Elaboración propia.



ANEXO E: ESTUDIO DE LA TÉCNICA DE REMADO DE VA'A

En la literatura y en los artículos de investigación, se ha iniciado a cuantificar la técnica de remado del *Va'a*. Recientes artículos determinan valores como fuerza de remado, velocidad, número de paladas x minuto y medidas de los ángulos de ejecución. Esto con el objetivo de conseguir un remado más eficiente y así obtener mejores resultados en las competencias. Las competencias del ICF en paracanotaje, como se mencionó anteriormente, incluyen a la canoa polinesia en un formato de carreras de velocidad de 200 m en el tipo de canoa V1 en línea recta en aguas tranquilas. Por ello, en el presente capítulo, se explicará la técnica de remado en este formato en 2 análisis: cualitativo y cuantitativo en las 3 etapas de remado: ataque, potencia y recuperación.

Análisis cualitativo

Una de las referencias guía para aprender a remar en canoa V1 es el libro “*VI – A Paddler’s Guide*” de Steve West (2014). En el libro, se mencionan las características cualitativas de la técnica de remado, y algunos consejos antes, durante y después de una competición. Se resumirán las indicaciones que proporciona este libro mencionando algunos comentarios de otros artículos.

Ataque

S. West menciona que la etapa de ataque es la más importante. Esto debido a que, si la pala no es colocada de manera directa y sólida en la posición adecuada, la fuerza que se genera al jalar el agua al remar no será la más eficiente. La etapa de ataque inicia antes de que la pala toque el agua y finaliza cuando la pala está sumergida (ver figura E.1). Respecto del alcance de palada existen 2 estilos de remado: el hawaiano y el tahitiano. Según West, los remadores tahitianos representan a los mejores remadores de canotaje en el mundo. Estos atletas reman con menor

rotación y sin inclinarse mucho hacia adelante. Por otro lado, Tommy Holmes describe que, en una correcta técnica del estilo hawaiano, se debe flexionar bastante el tronco pues esto contribuye a producir una mayor fuerza (1981). Sin embargo, ambas técnicas coinciden en que la pala debe hundirse completamente. No obstante, si se introduce demasiado podría ocasionarse un cambio indeseado de la dirección de la canoa. Si no se hunde completamente la pala, la fuerza de remado es menor.



Figura E.1: Fotografías de atleta peruano de Va'a en la etapa de ataque. Fuente: Elaboración propia.

Potencia

La figura E.2 muestra la etapa de potencia que dura desde que la pala está totalmente sumergida hasta que la pala está alineada con la cadera. En la etapa de potencia, se destaca la importancia de mantener la pala recta antes de empezar a jalar la pala. S. West indica que lo más importante es jalar la pala con los músculos del tronco en lugar de utilizar los brazos y los hombros. Esto debido a que los músculos del torso son más grandes y producen una mayor fuerza con un menor desgaste físico respecto de los brazos. Por su parte, el investigador George Arimond menciona que una correcta palada debe sentirse como si el remo estuviese quieto en el agua, y el remador y la canoa se aproximan al remo (2012). Los remeros más experimentados, según Arimond, ejercen la mayor fuerza cuando la pala se encuentran en posición vertical y extienden la duración del periodo de palada en esta posición.



Figura E.2: Fotografías de atleta peruano de Va'a en la etapa de potencia. Fuente: Elaboración propia.

Recuperación

La figura E.3 muestra la etapa de recuperación que inicia cuando se empieza a retirar la pala del agua hasta que el atleta se coloca en posición de ataque nuevamente. S. West menciona la importancia de no llevar la pala detrás de la cadera. Esto ocasionaría, aunque inconscientemente girar la dirección de la canoa. Esto debido a que empujar pasado el nivel de la cadera, produce una fuerza que se mueve detrás del centro de gravedad y el centro de flotación entre la canoa y el ama, lo cual genera una fuerza que cambiaría la dirección de la canoa. Según un recopilatorio *online* de diversos clubes internacionales de Va'a, esta etapa debe efectuarse en el menor tiempo posible, pues es el instante en el cual no se está ejerciendo una fuerza en el agua (2005).



Figura E.3: Fotografías de atleta peruano de Va'a en la etapa de potencia. Fuente: Elaboración propia.

Recomendaciones en competencias de velocidad

Por un lado, S. West menciona la diferencia entre remar del lado del ama y remar del lado opuesto. Señala que del lado del ama siempre se remarará con más fuerza y confianza puesto que la posibilidad de que se voltee la canoa sería nula en un atleta experimentado. Por ello, los atletas suelen remar en competencias de velocidad aproximadamente las 3/4 partes del tiempo del lado del ama debido a la seguridad que genera. Se debería de cambiar de lado solo para corregir la dirección de la canoa o descansar los brazos. Las paladas del lado del ama deberán ser profundas y largas, mientras que del lado opuesto menos profundas y rápidas.

Por otro lado, S. West menciona que apoyar los pies en la canoa permite una transferencia de fuerza mayor, esto debido a que las piernas reciben la fuerza de la masa del torso y empujan hacia adelante. Esto se logra retrocediendo y avanzando de forma sincronizada la cadera mientras se rema. S. West indica que en las carreras de velocidad es importante establecer una ventaja inicial respecto de los demás competidores y mantenerla hasta el final. Los atletas más exitosos alcanzan al inicio una velocidad muy alta y son capaces de mantenerse a ese nivel durante el mayor tiempo de la carrera.

Análisis cuantitativo

En el análisis cuantitativo se realizará una recopilación de los datos más importantes encontrados en la literatura y artículos científicos. Por un lado, en el artículo de G. Arimond se cuantifica la técnica de remado en una explicación mediante las agujas de un reloj, en el cual el centro de la circunferencia se encuentra aproximadamente en el hombro (ver figura E.4). Arimond cuantifica la técnica del estilo tahitiano; sin embargo, no se precisa si la explicación corresponde a la técnica para una canoa V1. Según las ilustraciones en el artículo, se entiende que sí.



Figura E.4: Técnica de remado según Arimond. Fuente: Elaboración propia a partir de Arimond (2012).

Ataque

En la etapa de ataque, la posición de la mano que sumerge la pala debe estar en la hora 4:00 y el codo de brazo opuesto debe estar alineado aproximadamente a las 3pm. La mano superior debería estar ligeramente sobre la cabeza del remado. Asimismo, Arimond menciona que la flexión del tronco debería estar entre 80 a 75 grados.

Potencia

En la etapa de potencia, la flexión del codo inferior debe ser de 140° grados, no debería estar completamente estirado. En el artículo se indica que se ha demostrado que a ese nivel de flexión se produce una mayor fuerza de remado. Los atletas novatos tienden a flexionar el codo debajo de los 140° hasta 140° a 95°, lo cual no es correcto. Luego la mano inferior debe trasladarse junto con la pala de 4:00pm a 7:00pm. Se indica que lo más importante es no girar el tronco más de 10 grados durante esta etapa. Asimismo, se menciona la importancia de mantener recta la pala antes de aplicar la fuerza para remar.

ANEXO F: COSTOS

En el presente capítulo, se redactan los costos correspondientes al sistema mecánico del simulador de canotaje polinésico. Las cotizaciones se indican al final de este documento.

Costo del sistema de entrada y salida

La tabla F.1 muestra los costos del sistema de entrada y salida. Los costos de la escalera y del puente incluyen su fabricación. Este precio incluye los servicios de lijado y pintado de todas las piezas de madera y de triplay fenólico. Sin embargo, no está incluido la pintura epóxica, cuyo precio se indica en la tabla del sistema mecánico total. El costo de las piezas de acero inoxidable también incluye el material y su fabricación.

Tabla F.1: Costos del sistema de entrada y salida.

	Ítems	Proveedor	Precio (Unidad)	Cantidad	Total
Sistema de entrada y salida	Escalera (materiales y fabricación)	Taller José Acuña	300.00	1	300.00
	Puente (materiales y fabricación)	Taller José Acuña	450.00	1	450.00
	Garruchas	Promart	17.50	4	70.00
	Manguera 3/8", tela y arandelas de caucho	varios	50.00	1	50.00
	Piezas de acero inoxidable (materiales y fabricación)	Punto S.A.C.	284.00	1	284.00
					Total

Fuente: Elaboración propia.

Costos del sistema de flotación

En tabla F.2 se detallan los costos del sistema de flotación. Los costos de cada ítem corresponden a productos finales.

Tabla F.2: Costos del sistema de flotación.

	Ítems	Proveedor	Precio (Unidad)	Cantidad	Total
Sistema de flotación	Cabina de canoa	Taller José Acuña	1500.00	1	1500.00
	Iako de bambú		30.00	2	60.00
	Ama	Taller José Acuña	300.00	2	600.00
	Flotadores popa y proa	Taller José Acuña	700.00	2	1400.00
	Escotillas		40.00	2	80.00
	Empaquetaduras de caucho de nitrilo	HyN Empaquetaduras e Importaciones S.A.C.	40.00	2	80.00
					Total

Fuente: Elaboración propia.

Costo del sistema de recirculación

En tabla F.3 se listan los costos del sistema de recirculación. El costo de la construcción del sistema de recirculación se encuentra considerado en el costo de diseño.

Tabla F.3: Costos del sistema de recirculación.

	Ítems	Proveedor	Precio (Unidad)	Cantidad	Total
Sistema de recirculación	Lona de PVC Concord	MultiTop S.A.C.	17.70	4	70.80
	Bases y pasadores	varios	5	10	50.00
	Varillas de aluminio	Sodimac	34.90	1	34.90
	Pegamento PVC	Sodimac	11.50	1	11.50
					Total

Fuente: Elaboración propia.

Costo del sistema vaivén

La tabla F.4 lista los costos del sistema vaivén. El costo de los anclajes para jardín y de las piezas de acero inoxidable del ensamble del sensor de fuerza incluyen los materiales y su fabricación. Esto también aplica para el costo de los caballetes (incluye los servicios de lijado y pintado). Sin embargo, se entrega la pintura epóxica, cuyo precio está en la tabla de costos del sistema mecánico.

Tabla F.4: Costos del sistema vaivén.

	Ítems	Proveedor	Precio (Unidad)	Cantidad	Total
Sistema vaivén	Anclajes para jardín (materiales y fabricación)		25.00	8	200.00
	Caballetes (materiales y fabricación)	Taller José Acuña	100.00	2	200.00
	Armellas, templadores, ligas y otros		200.00	1	200.00
				Total	600.00

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO G: HOJA DE DATOS DE MATERIALES, COMPONENTES MECÁNICOS Y
ELECTRÓNICOS**



1) Madera pino radiata



PINO RADIATA

NOMBRE CIENTIFICO	: <i>Pinus radiata D. Don</i>
FAMILIA	: Pinaceae
NOMBRES COMUNES	: Pino chileno

DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL

Alcanza hasta 60 m de altura y 100 cm de diámetro. Tronco conico y recto. **Corteza** externa café agrietada; corteza interna crema – rosáceo, segrega una resina transparente. **Copa** alargada y cónica, monopódica. **Hojas** aciculares en fascículos de tres. **Flores** masculinos con estambres peltados, las femeninas se encuentran en conos o estróbilos. **Fruto** cono o estróbilo leñoso, grande parecido a una piña, contiene semillas aladas.

DESCRIPCIÓN DE LA MADERA

Características Generales

La albura de la madera es de color blanco, con transición gradual a duramen de color amarillo pálido, aumentando su intensidad a marrón muy pálido. **Grano** recto. **Textura** fina. **Olor** característico a madera resinosa, fragante cuando está fresca. **Sabor** ausente o no distintivo. **Brillo** medio. **Veteado** suave con líneas longitudinales oscuras.

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

Propiedades físicas

Densidad básica : 0,39 g/cm³

Propiedades mecánicas (Condición Verde)

Carga de ruptura a la flexión estática	: 1780 Kg/cm ²
MOE en flexión estática	: 110 Tn/Cm ²
Carga máxima en compresión	: 434 Kg/Cm ²
Carga de ruptura al cizallamiento	: 84 Kg/Cm ²
Resistencia en compresión perpendicular	: 74 Kg/Cm ²
Dureza lateral	: 348 Kg/Cm ²
Extracción de clavos	: 65 Kg/Cm ²

Parcela Predio Rural Tambo Inga Mz. I – Lt. 85 / Teléfonos (511) 548-3086 548-0843 548-0247
Web: www.madexo.pe / Mail: ventas@madexo.pe logistica@madexo.pe
TORNILLO Y CACHIMBO PARA CONSTRUCCION – TRIPLAY PARA ENCOFRADOS
TRIPLAY EN TODAS LAS MEDIDAS – CAOBA Y CEDRO DE EXPORTACION – PARIHUELAS Y PALLETS – DURMIENTES





PROPIEDADES DE DURABILIDAD Y TRABAJABILIDAD

No es resistente al ataque de hongos e insectos. De fácil trabajabilidad

PROPIEDADES DE PRESERVACIÓN Y SECADO

Posee una duración en uso exterior de un año. De buen secado natural y artificial

USOS

Muebles, pulpa y papel, envases, tableros aglomerados, tableros contrachapadas y de fibras, ebanistería, tapicería.

(*): La información presentada ha sido tomada de:

Ecuador Forestal. 1982. Ficha Técnica N° 13. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca.

Parcela Predio Rural Tambo Inga Mz. I – Lt. 85 / Teléfonos (511) 548-3086 548-0843 548-0247
Web: www.madexo.pe / Mail: ventas@madexo.pe logistica@madexo.pe
TORNILLO Y CACHIMBO PARA CONSTRUCCION – TRIPLAY PARA ENCOFRADOS
TRIPLAY EN TODAS LAS MEDIDAS – CAOBA Y CEDRO DE EXPORTACION – PARIHUELAS Y PALLETS – DURMIENTES



2) Madera pino americano



FICHA TECNICA DEL PINO AMERICANO **(AMARILLO)**

Su nombre Pino Amarillo, o Pino Amarillo del Sur, designa a un grupo de cuatro especies principales de árboles: pino de hoja larga (*Pinus Palustris*), pino Slash (*Pinus elliotii*), de hoja corta (*Pinus echinata*) y pino Loblolly (*Pinus taeda*).

CARACTERISTICAS NATURALES

Las características naturales que distinguen al Pino Amarillo como un material de construcción muy versátil, son:

ALTA RESISTENCIA

Los valores de cálculo asignados al Pino Amarillo se encuentran entre los más altos de las coníferas. El Pino Amarillo se ha ganado el prestigio de ser considerada "La mejor madera estructural". Esta madera es altamente resistente al desgaste. Es especialmente adecuada para pavimentos con tráfico peatonal muy intenso, como paseos, terrazas y suelos.

SECADO

Las normas del Pino Amarillo limitan el contenido de humedad de la madera de 50mm (2") de grueso e inferior, al 19%, especificado como KD19, al 15% se muestra como KD15. El material identificado con un sello de clasificación certificado es la evidencia de que la madera de Pino Amarillo ha sido secada adecuadamente, lo que se considera como una esterilización en la mayoría de países importadores.

CAPACIDAD DE AGARRE DE CLAVOS

La capacidad del Pino Amarillo para agarrar clavos y otras fijaciones se encuentra entre las más elevadas de las coníferas. El secado, bien en cámara o natural, aumenta notablemente la capacidad de agarre.

FACILIDAD DE TRATAMIENTO

El Pino Amarillo es desde antiguo una madera muy solicitada cuando se precisa tratamiento con protectores. La singular estructura celular de esta especie permite un tratamiento homogéneo y en profundidad con protectores, haciéndola inatacable por hongos, termitas y microorganismos.

Parcela Predio Rural Tambo Inga Mz. I – Lt. 85 / Teléfonos (511) 548-3086 548-0843 548-0247
Web: www.madexo.pe / Mail: ventas@madexo.pe logistica@madexo.pe
TORNILLO Y CACHIMBO PARA CONSTRUCCION – TRIPLAY PARA ENCOFRADOS
TRIPLAY EN TODAS LAS MEDIDAS – CAOBA Y CEDRO DE EXPORTACION – PARIHUELAS Y PALLETS – DURMIENTES



USOS PRINCIPALES

La mayoría se usa en estructuras, para entramados de suelo y tejado, viguetas y armazones. La facilidad de su tratamiento lo hace especialmente bueno para su uso en tarimas exteriores. Su carácter y resistencia a impactos lo hace apropiado para suelos paneles, construcción y ebanistería.

DISTRIBUCIÓN Y DISPONIBILIDAD

Crece en 78 millones de hectáreas de superficie boscosa en Alabama, Arkansas, Florida, Georgia, Luisiana, Misisipi, Carolina del Norte, Carolina del Sur, Oklahoma, Tennessee, Texas y Virginia, con amplia y permanente disponibilidad.

PROPIEDADES FÍSICAS

Propiedad	Descripción
Color	: Color y veta características
Albura	: Va del blanco al amarillo
Duramen	: Va del amarillo al marrón rojizo
Anillo de crecimiento	: Notorios
Textura	: Homogénea y fina
Olor	: Levemente resinoso

PROPIEDADES MECÁNICAS

Propiedad	Descripción
Densidad Nominal	: De 0.51 a 0.59
Módulo de ruptura	: 97,500 kPa
Módulo de elasticidad	: 12,950
Mpa Resistencia compresiva paralela a la veta	: 53,450
kPa Corte paralelo a la veta	: 10,300
kPa	
Dureza lateral	: 3,370 N
Peso	: 537 a 626 Kg por m ³



3) Triplay fenólico

Mueblería / TABLEROS

ARAUCOPLY. TRIPLAY FENÓLICO
Mueblería

Resistente a la humedad Y EXCELENTE APARIENCIA

Tablero contrachapado
fenólico de Pino Radiata
proveniente de bosques con
manejo forestal FSC®.

- ⇒ RESINA FENÓLICA
- ⇒ TABLERO DE GRAN VERSATILIDAD
- ⇒ 100% MADERA



CARACTERÍSTICAS

- 100% Madera de Pino Radiata.
- Excelente construcción interior con adhesivo fenolformaldehído.
- Terminación de las caras*:
 - Cara grado B:**
 - Lijada y sólida de alta calidad.
 - Acepta reparaciones sintéticas y/o madera, con nudos no mayores a 25 mm (máximo 4).
 - Trascara grado C:**
 - Lijada.
 - Acepta defectos de apariencia y nudos abiertos.
- Contenido de humedad: 8%.
- Cantos sin pintar.

VENTAJAS DEL PRODUCTO

- 100% Madera natural.
- Excelente construcción interior con adhesivo fenolformaldehído, que garantiza alta durabilidad y resistencia a la humedad.
- Permite una amplia variedad de terminaciones.

PRINCIPALES APLICACIONES

- Estructuras de muebles.
- Revestimiento de muros y cielos.
- Carpintería en general.

RECOMENDACIONES

- Para cortar el contrachapado, se recomienda usar sierra circular de 40 dientes, del tipo alterno o trapezoidal.
- Para unir tableros, puede usar tornillos para madera, tarugos o adhesivos.
- Los herrajes y complementos, como bisagras, conectores y tiradores, deben instalarse sobre la cara del tablero.

TERMINACIÓN

- En aplicaciones al interior, se puede usar barnices, tintes, lacas o pinturas.
- Preparar la superficie y aplicar el producto siguiendo las indicaciones del fabricante. Lijar siempre en el sentido de la veta.
- El color claro de la madera permite acabados en colores cedro, nogal, caoba o más claros, como roble o miel.
- Los acabados incoloros con el tiempo toman un color amarillento. Para evitarlo, se puede agregar pequeñas cantidades de pigmento blanco. Se recomienda hacer muestras de pruebas.
- Consultar la Guía técnica de recubrimientos para tableros ARAUCOPLY en: www.arauco.cl

ALMACENAMIENTO

- Almacenar los tableros bajo techo de manera horizontal y apoyados sobre 3 listones de madera.
- Evitar golpes que puedan dañar los bordes de los tableros.

FIJACIÓN Y CARGA

Elemento de fijación	Carga de retención
N°	mm
Tornillo	257,2
Clavo	47,9

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Producto	Dimensiones			Tolerancias				Paquete	Peso pieza
	espesor mm	largo m	anchura	espesor mm	largo mm	ancho mm	cuadratura mm		
ARAUCOPLY Mueblería	9	2,44	1,22	-0,5/+0,1	-15/+0	-15/+0	± 2	108	14,0
	12	2,44	1,22	-0,5/+0,3	-15/+0	-15/+0	± 2	80	18,7
	15	2,44	1,22	-0,3/+0,5	-15/+0	-15/+0	± 2	65	23,3
	18	2,44	1,22	-0,1/+0,6	-15/+0	-15/+0	± 2	54	28,0

TERMINACIÓN DE LAS CARAS*



Para mayor información sobre los grados en las caras, visite www.arauco.cl o consulte a su proveedor.

4) Caucho de nitrilo (NBR)

ELASTOMEROS

Caucho Nitrilo (NBR)

SILCON[®]

emacin CORPORATION

Ofrece una buena resistencia en los siguientes medios: aceites minerales, grasas con aceite mineral base, gasolina, diésel, aceites ligeros, aceites y grasas de procedencia animal o vegetal y agua caliente.

Aplicación: O-rings, sistemas de combustible, bridas, empaquetaduras, revestimientos, sellos, soportes y otros.

Propiedades Físicas	Valor	Unidad	Comentario
Gravedad específica	1.00	g / cm ³	ISO 1183

Propiedades Mecánicas (23°C)	Valor	Unidad	Comentario
Dureza	60	Shore A	ASTM D2240
Esfuerzo de tracción	15	MPa	ISO 37
Esfuerzo de tracción(120°C)	4.83	MPa	
Deformación de rotura	500	%	
Resistencia a la abrasión			Buena a excelente
Adhesión a metales			Excelente
Adhesión a materiales rígidos			Buena a excelente
Resistencia a la compresión			Buena a excelente
Resistencia a la rotura por flexión			Aceptable a buena
Resistencia al impacto			Aceptable a buena
Resiliencia			Buena
Resistencia al desgarre			Buena a excelente
Amortiguación de vibraciones			Aceptable a buena

Propiedades Térmicas	Valor	Unidad	Comentario
Coefficiente de expansión	702	µm/m°C	ASTM E831
Máxima temperatura de servicio	100	°C	Temperatura del aire continuo
Mínima temperatura de servicio	-40	°C	

Propiedades de Resistencia Química	Valor
Ácidos fuerte	Pobre a aceptable
Ácidos débiles	Buena
Ácidos orgánicos fuertes	Pobre
Ácidos orgánicos débiles	Buena
Alcohol	Aceptable a buena
Aldehídos	Buena

Nota: 1 g/cm³ = 1000 kg/m³ ; 1 MPa = 1 N/mm²

Caucho Nitrilo (NBR)



Propiedades de Resistencia Química	Valor
Alcalinos fuertes	Pobre a buena
Alcalinos Débiles	Buena
Amina	Pobre
Aceites animales y vegetales	Buena a excelente
Fluidos de frenos	Pobre
Aceites éster	Pobre a aceptable
Éster (Fosfato de aquilo y arilo)	Pobre
Éter	Pobre
Combustibles	Aceptable a buena
Disolventes halogenados	Pobre
Hidrocarburos halogenados	Pobre a aceptable
Cetonas	Pobre
Solventes de lacas	Aceptable
GLP y aceites de combustibles	Excelente
Aceites minerales	Excelente
Petróleo aromáticos	Buena
Petróleo no-aromático	Excelente
Refrigerantes basados en amoniaco	Buena
Solventes	Buena a excelente

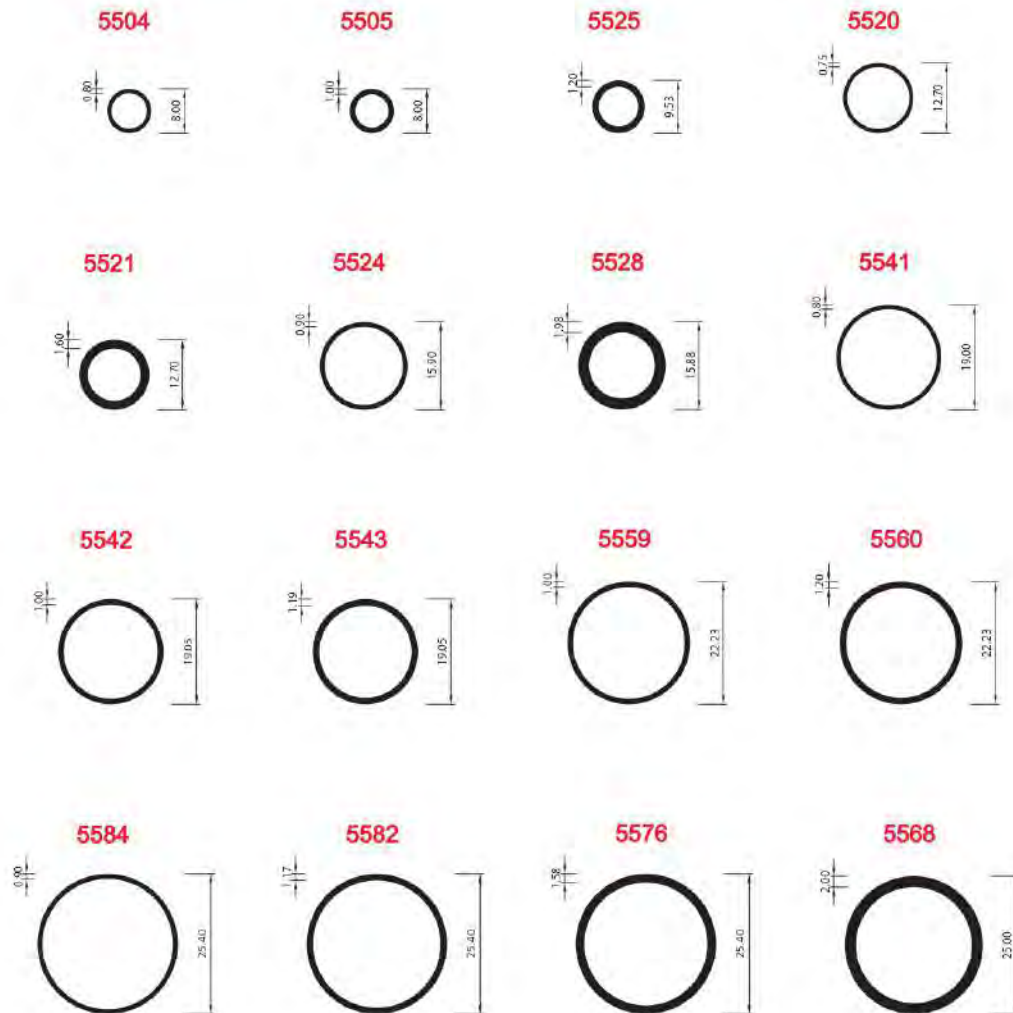
Desempeño ambiental	Valor
Anti-inflamabilidad	Pobre
Permeabilidad gaseosa	Aceptable a excelente
Olor	Buena
Resistencia al ozono	Aceptable a buena
Resistencia a la oxidación	Buena
Resistencia a la radiación	Aceptable a buena
Resistencia al vapor	Aceptable a buena
Resistencia a luz solar	Pobre a buena
Retención de sabor	Aceptable a buena
Resistencia al ambiente	Aceptable a buena
Resistencia al agua	Buena a excelente

Nota: 1 g/cm³ = 1000 kg/m³ ; 1 MPa = 1 N/mm²

5) Varillas de aluminio



TUBOS REDONDOS Y OVALADOS



6) Cables de acero



FICHA TÉCNICA

CABLES DOGOTULS

CABLE DE ACERO, T/S: 160-180kg, ASPHALTUM GREASE, RHRL
(FC significa alma de fibra y IWRC significa alma de acero)

CLAVE	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	LARGO (m/rollo)	PESO NETO (kg)	T/S (N/mm ²)	LAY	CAPACIDAD MÁXIMA (RUPTURA) (Ton/m)	CAPACIDAD DE TRABAJO (kg)
HK5112	6X19+FC	1/4"	500m	70	1670	RHRL	2.112	352
HK5113	6X19+FC	5/16"	500m	110.5	1670	RHRL	3.296	549
HK5114	6X19+FC	3/8"	500m	156	1670	RHRL	4.755	793
HK5115	6X19+FC	7/16"	500m	213	1670	RHRL	6.459	1,077
HK5116	6X19+FC	1/2"	500m	279	1670	RHRL	8.439	1,407
HK5118	6X19+FC	5/8"	500m	438	1670	RHRL	13.224	2,204
HK5119	6X19+FC	3/4"	500m	630	1670	RHRL	19.082	3,180



CLAVE	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	LARGO (m/rollo)	PESO NETO (kg)	T/S (N/mm ²)	LAY	RESISTENCIA A LA RUPTURA (Ton/m)	CAPACIDAD DE TRABAJO (kg)
HK5120	6X19-IWRC	1/4"	500m	78	1670	RHRL	2.316	386
HK5121	6X19-IWRC	5/16"	500m	122	1670	RHRL	3.571	586
HK5122	6X19-IWRC	3/8"	500m	172	1670	RHRL	5.143	857
HK5123	6X19-IWRC	1/2"	500m	307	1670	RHRL	9.122	1,520
HK5125	6X19-IWRC	5/8"	500m	481.5	1670	RHRL	14.306	2,384
HK5126	6X19-IWRC	3/4"	500m	695	1670	RHRL	20.643	3,441



CABLE GALVANIZADO, T/S: 160-180kg, RUST PREVENTIVE OIL, RHR

CLAVE	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	LARGO (m/rollo)	PESO NETO (kg)	T/S (N/mm ²)	LAY	RESISTENCIA A LA RUPTURA (Ton/m)	CAPACIDAD DE TRABAJO (kg)
HK5127	7x19	3/32"	457m	10.1	1770	RHRL	378	63
HK5128	7x19	1/8"	457m	17.8	1770	RHRL	673	112
HK5129	7x19	3/16"	457m	40.2	1770	RHRL	1.510	252
HK5130	7x19	1/4"	457m	71.3	1770	RHRL	2.673	446
HK5178	7x19	5/16"	457m	111.5	1770	RHRL	4.122	687
HK5179	7x19	3/8"	457m	157.2	1770	RHRL	5.939	990
HK5182	7x19	1/2"	457m	281	1770	RHRL	10.541	1,757



CLAVE	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	LARGO (m/rollo)	PESO NETO (kg)	T/S (N/mm ²)	LAY	RESISTENCIA A LA RUPTURA (Ton/m)	CAPACIDAD DE TRABAJO (kg)
HK5131	7x7	3/32"	100m	2.2	1770	RHRL	408	68
HK5132	7x7	1/8"	100m	4	1770	RHRL	714	119
HK5133	7x7	3/16"	100m	8.9	1770	RHRL	1.612	269
HK5171	7x7	1/16"	100m	1	1770	RHRL	184	31
HK5172	7x7	1/16"	457m	4.6	1770	RHRL	184	31



CABLE GALVANIZADO CON FORRO PVC, T/S: 160-180kg, RHRL

CLAVE	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	LARGO (m/rollo)	PESO NETO (kg)	T/S (N/mm ²)	LAY	RESISTENCIA A LA RUPTURA (Ton/m)	CAPACIDAD DE TRABAJO (kg)
HK5136	7x19	3/32 - 1/8"	100m	2.8	1770	RHRL	378	63
HK5134	7x19	3/32 - 1/8"	457m	12.6	1770	RHRL	378	63
HK5137	7x19	1/8 - 3/16"	100m	5.5	1770	RHRL	673	112
HK5135	7x19	1/8 - 3/16"	457m	25.2	1770	RHRL	673	112
HK5181	7x19	3/16 - 1/4"	100m	11	1770	RHRL	1.510	252
HK5180	7x19	3/16 - 1/4"	457m	50.3	1770	RHRL	1.510	252



CABLE GALVANIZADO CON FORRO PVC COLOR NEGRO, T/S: 160-180kg, RHRL

CLAVE	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	LARGO (m/rollo)	PESO NETO (kg)	T/S (N/mm ²)	LAY	RESISTENCIA A LA RUPTURA (Ton/m)	CAPACIDAD DE TRABAJO (kg)
HK5163	7x19	3/16 - 1/4"	457m	50.3	1770	RHRL	1.510	252



ACT: MAYO 2013

Herramientas Importadas Monterrey S.A de C.V.
Concepción #4501 Col. Centro, Apodaca, N.L., México CP 66600



Inspection Order No. : IN-SH-PSI-08304-3
Page No. : 1 of 5
Date of issue: 29 December 2008

INSPECTION REPORT
(non-negotiable)

- Description and Quantity of Commodity: STEEL WIRE ROPES as per sales contract

- Name & Address Of Buyer: HERRAMIENTAS IMPORTADAS MONTERREY SA DE CV.

- Name & Address Of Seller:

- Inspection Date & Place: 23 Dec 2008 AT Nantong city, China

- L/C No.:

- SALES CONTRACT No.:

- Nature Of Inspection:

Item	Result
Quantity check	Subject to buyer's evaluation
Packing and marking check	Acceptable
Visual quality check	Acceptable
Dimension check	Acceptable
Witness test	Acceptable

- Inspector: Robin Rao

This is to report that we, SGS-CSTC Shanghai Branch at the request of HERRAMIENTAS IMPORTADAS MONTERREY SA.DE CV, conducted the following inspection:

Instrument checklist

During the inspection, the following instrument calibration status has been checked for inspection:

No.	INSTRUMENT DESCRIPTION	CALIBRATION STATUS	CERTIFICATE NO. (OPTIONAL)
1	Vernier caliper (0-150mm)	Valid	N/A

Inspection Finding:

Disclaimer

This document is issued by the Company under its General Conditions of Service accessible at http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein.

Any other holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from assessing all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

SGS-CSTC Standards Technical Services Co. Ltd 4/F, 3rd Building No. 859, Yishan Road Xuhui District, Shanghai, China
Industrial Service 200233
t: +86(0)21-61402665 f: +86(0)21-64952392 www.cn.sgs.com

Member of the SGS Group (Societe Generale de Surveillance)

ACT: MAYO 2013

Herramientas Importadas Monterrey S.A de C.V.
Concordia #4601 Col. Centro, Apodaca, N.L., Mexico CP 66800

Tel: 01 (81) 83 74 88 12 Fax 01 (81) 83 74 88 13
Interior de la republica 01 800 000 0011 www.dogotuls.com

SGS

1. **Quantity Check:**
 - Reference documents:
 - Sales contract
 - Method of quantity check
 - Total package counting

NO.	DESCRIPTION	REQ. QTY(reel)	ACT. QUANTITY(reel)
ASPHALTUM GREASE THAT COMPLY WITH GB/T 20118-2006			
1	ungalvanized steel wire rope 6x19 +FC 5/16" 500mts	7.94	6
2	ungalvanized steel wire rope 6x19+FC 3/8" 500mts	9.53	12
3	ungalvanized steel wire rope 6x19+FC 7/16" 500mts	11.11	3
4	ungalvanized steel wire rope 6x19+FC 1/2" 500mts	12.7	12
5	ungalvanized steel wire rope 6x19+FC 5/8" 500mts	15.9	6
6	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 1/4" 500mts	6.4	12
7	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 5/16" 500mts	7.94	6
8	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 3/8" 500mts	9.53	12
9	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 1/2" 500mts	12.7	12
10	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 9/16" 500mts	14.3	3
11	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 5/8" 500mts	15.9	4
RUST PREVENTIVE OIL THAT COMPLY WITH GB/T 20118-2006			
12	galvanized aircraft cable 7X19 1/8" 1500'	3.2	20
13	galvanized aircraft cable 7X19 3/16" 1500'	4.8	30
14	galvanized aircraft cable 7X19 1/4" 1500'	6.4	50
15	galvanized aircraft cable 7X7 1/8" 100mts	3.2	120
16	galvanized aircraft cable 7X7 3/16" 100mts	4.8	100
17	pvc coated galvanized aircraft cable 7X19 1/8"-3/16" 1500'	3.2-4.8	30
18	pvc coated galvanized aircraft cable 7X19 3/32"-1/8" 100mts	2.4-3.2	20
19	galvanized aircraft cable 7X19 5/16" 1500'	7.94	30
20	galvanized aircraft cable 7X19 3/8" 1500'	9.53	30
21	pvc coated galvanized aircraft cable 7x19 3/16-1/4" 100mts	4.8-6.4	30

Note:
THE QUANTITY CHECKED IS THE SAME AS THE DOCUMENTS GIVEN SALES CONFIRMATION

2. **Packing and marking check**
 - Sample size: one package per type
 - **Packing check**

The wire ropes were coiled in wooden reels.
The reel was wrapped with paper then the reel was fastened with nylon belt.

Marking check

Inspection Order No.: IN-SH-PSI-08304-3

Page No.: 2 of 5

SGS-F-OPS-05-01-IND V02

ACT: MAYO 2013

Herramientas Importadas Monterrey S.A de C.V
Concordia #4601 Col. Centro, Apodaca, N.L., Mexico CP 66600

-3-

Tel 01 (81) 83 74 88 12 Fax 01 (81) 83 74 88 13
Interior de la república 01 800 000 0011 www.dogotuls.com

SGS

Shipping mark:
N/M
Label on reels:



3. Visual Quality Check:

- Sample size: one package per type
- The steel wire ropes were found: Ungalvanized with black grease and galvanized on the surface.
- The steel wire ropes were brand new and no obvious visual defects were found on the surfaces.

4. Dimension Check:

- Sample size: one package per type
- Reference document: GB 20118-2006
- Samples were randomly selected by SGS inspector and checked under the supervision for diameter as below:

Item	Description of Products	Required Diameter (mm)	Actual Diameter (mm)
1	ungalvanized steel wire rope 6x19 +FC 5/16" 500mts	7.94+6%	7.98-8.1
2	ungalvanized steel wire rope 6x19+FC 3/8" 500mts	9.53+6%	9.58-9.8
3	ungalvanized steel wire rope 6x19+FC 7/16" 500mts	11.11+6%	11.4-11.8
4	ungalvanized steel wire rope 6x19+FC 1/2" 500mts	12.7+6%	12.8-13
5	ungalvanized steel wire rope 6x19+FC 5/8" 500mts	15.9+6%	15.9-16.1
6	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 1/4" 500mts	6.4+7%	6.8-6.9
7	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 5/16" 500mts	7.94+6%	7.98-8.05
8	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 3/8" 500mts	9.53+6%	9.56-9.68
9	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 1/2" 500mts	12.7+6%	12.8-12.9
10	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 9/16" 500mts	14.3+6%	14.4-14.8
11	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 5/8" 500mts	15.9+6%	15.9-16.1
12	galvanized aircraft cable 7X19 1/8" 1500'	3.2+8%	3.3-3.6
13	galvanized aircraft cable 7X19 3/16" 1500'	4.8+7%	4.8-5.0
14	galvanized aircraft cable 7X19 1/4" 1500'	6.4+6%	6.6-6.8
15	galvanized aircraft cable 7X7 1/8" 100mts	3.2+8%	3.3-3.8
16	galvanized aircraft cable 7X7 3/16" 100mts	4.8+7%	4.9-5.0

Inspection Order No.: IN-SH-PSI-08304-3

Page No.: 3 of 5

SGS-F-OPS-05-01-IND V02

ACT: MAYO 2013

Herramientas Importadas Monterrey S.A de C.V
Concordia #4601 Col. Centro, Apodaca, N.L., Mexico CP 66600

-4-

Tel. 01 (81) 83 74 88 12 Fax 01 (81) 83 74 88 13
Interior de la república 01 800 000 0011 www.dogotuls.com



17	pvc coated galvanized aircraft cable 7X19 1/8"-3/16" 1500'	3.2-4.8	4.8-4.9
18	pvc coated galvanized aircraft cable 7X19 3/32"-1/8" 100mts	2.4-3.2	3.2-3.3
19	galvanized aircraft cable 7X19 5/16" 1500'	7.94+6%	8.0-8.1
20	galvanized aircraft cable 7X19 3/8" 1500'	9.53+6%	9.6-9.8
21	pvc coated galvanized aircraft cable 7x19 3/16-1/4" 100mts	4.8-6.4	6.5-6.6

Remark: The results were acceptable according to GB 20118-2006.

5. Witness testing

- Sample size: one piece per type
- Reference document: GB 20118-2006

Mechanical Property

3.2.1 Breaking force of Steel Wire Ropes

Samples selected randomly were tested for breaking force as follow under the supervision:

Item	Description of Products	Min breaking force (kN)	Inspected Breaking force (kN)	Pass or Fail
1	ungalvanized steel wire rope 6x19 +FC 5/16" 500mts	34.25	36	Pass
2	ungalvanized steel wire rope 6x19+FC 3/8" 500mts	49.35	51	Pass
3	ungalvanized steel wire rope 6x19+FC 7/16" 500mts	66.95	67	Pass
4	ungalvanized steel wire rope 6x19+FC 1/2" 500mts	87.64	90	Pass
5	ungalvanized steel wire rope 6x19+FC 5/8" 500mts	137.37	139	Pass
6	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 1/4" 500mts	23.7	36	Pass
7	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 5/16" 500mts	37.04	40	Pass
8	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 3/8" 500mts	53.37	60	Pass
9	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 1/2" 500mts	94.78	98	Pass
10	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 9/16" 500mts	120.17	128	Pass
11	ungalvanized steel wire rope 6x19+IWRC 5/8" 500mts	148.19	160	Pass
12	galvanized aircraft cable 7X19 1/8" 1500'	6.45	8.5	Pass
13	galvanized aircraft cable 7X19 3/16" 1500'	14.5	18	Pass
14	galvanized aircraft cable 7X19 1/4" 1500'	25.8	31	Pass
15	galvanized aircraft cable 7X7 1/8" 100mts	6.5	8.5	Pass
16	galvanized aircraft cable 7X7 3/16" 100mts	14.64	18	Pass
17	pvc coated galvanized aircraft cable 7X19 1/8"-3/16" 1500'	3.29	3.8	Pass
18	pvc coated galvanized aircraft cable 7X19 3/32"-1/8" 100mts	5.94	6.2	Pass
19	galvanized aircraft cable 7X19 5/16" 1500'	39.7	45	Pass
20	galvanized aircraft cable 7X19 3/8" 1500'	57.2	61	Pass
21	pvc coated galvanized aircraft cable 7x19 3/16-1/4" 100mts	14.5	16	Pass

Remark: Due to the type and class of the wire rope were not indicated in the standard GB 20118-2006 sheet. So the minimum broken force was accordance with the formula $F_{min}=d_2 \times K \times R_i / 1000$.

And where

d_2 : is the normal diameter of the rope, in mm

K : $k=0.307$ is the empirical factor for the minimum breaking force for the 6x19+FC rope class and core type; $k=0.356$ for 6x19IWRC; $k=0.359$ for 7x7 IWRC; $k=0.356$ for 7x19 IWRC.

R_i : is the rope grade intended by the manufacturer

The wire rope was tested by broken with complete strand.



THIS REPORT ONLY REFLECTED OUR ACTUAL FINDINGS. THE INSPECTION WAS DONE TO THE BEST OF OUR KNOWLEDGE AND ABILITY AND WITH DUE CARE. THE FINDINGS ARE VALID AS FOR TIME AND PLACE OF INSPECTION.

Attachment: photos during inspection



Inspection Order No.: IN-SH-PSI-08304-3

Page No.: 5 of 5

SGS-F-OPS-05-01-IND V02

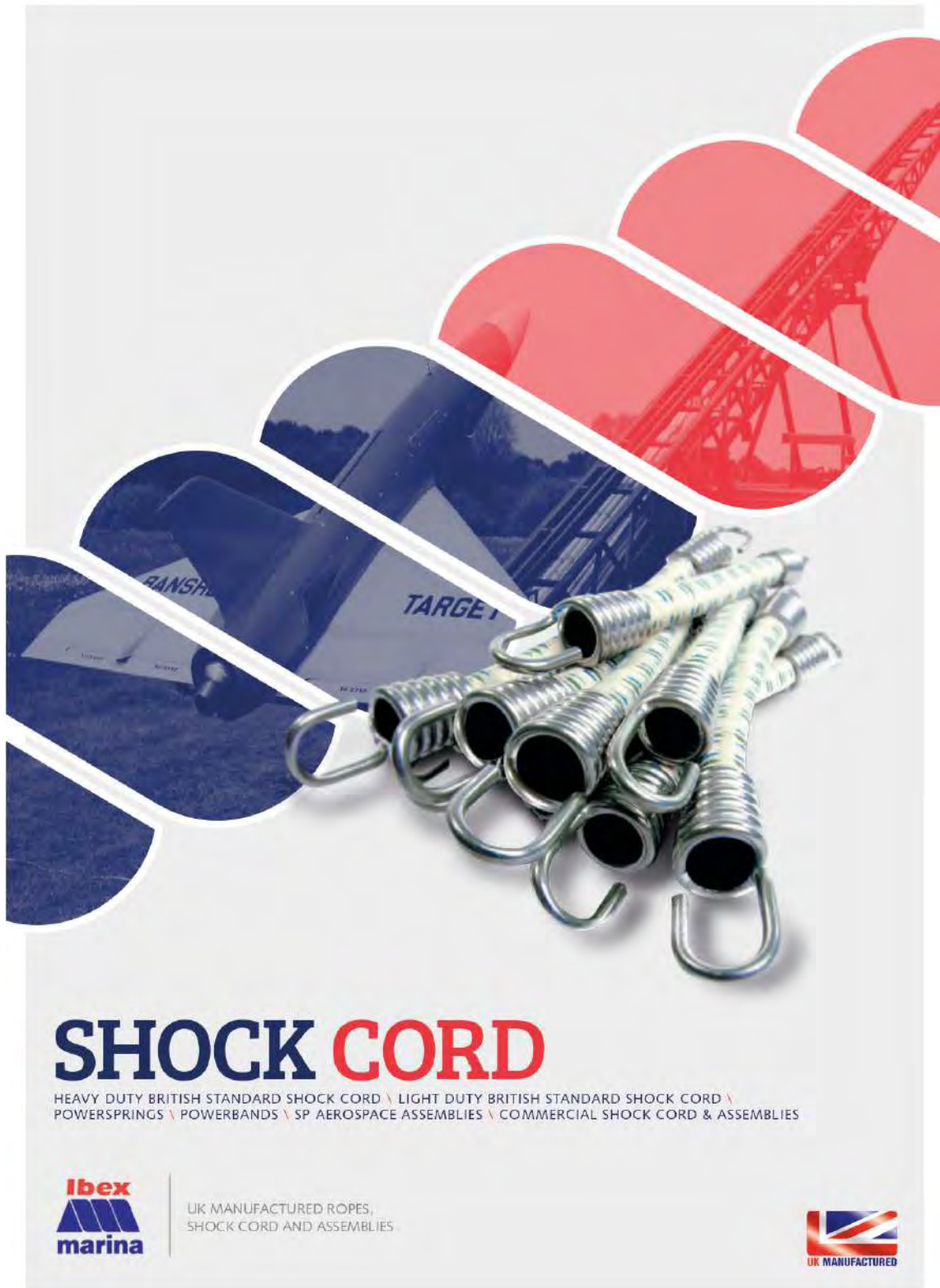
ACT: MAYO 2013

Herramientas Importadas Monterrey S.A de C.V
Concordia #4601 Col. Centro, Apodaca, N.L., Mexico CP 66600

-6-

Tel. 01 (81) 83 74 88 12 Fax 01 (81) 83 74 88 13
Interior de la república 01 800 000 0011 www.dogotuls.com

7) Sogas elásticas Shock Cord



SHOCK CORD

HEAVY DUTY BRITISH STANDARD SHOCK CORD \ LIGHT DUTY BRITISH STANDARD SHOCK CORD \
POWERSPRINGS \ POWERBANDS \ SP AEROSPACE ASSEMBLIES \ COMMERCIAL SHOCK CORD & ASSEMBLIES

ibex
marina

UK MANUFACTURED ROPES,
SHOCK CORD AND ASSEMBLIES

UK MANUFACTURED

Heavy Duty British Standard Shock Cord

BS3F70



Developed and manufactured in full accordance with **BS3F70:1991** Specification for heavy duty braided rubber cord, which specifies a range of diameters of shock cord between 5mm and 26mm. Ibex Marina have extrapolated properties in order to extend this range to 32mm.

Shock cord manufactured to this standard is suitable for use in shock absorber cord assemblies, aeronautical purposes to BS SP 170-171, crash test equipment, and subsea applications for use with Streamers and Remotely Operated Vehicles.

The inner rubber threads are tightly encased within two outer coverings of braid, typically either cotton or polyester, and these covers are date coded.

Aramid covers are also available.

LOAD TO GIVE EXTENSION OF:

Diameter (mm)*	10%		30%		75%		Total Extension
	(Minimum)	Min	Max	Min	Max		
5	20N	29N	38N	50N	65N	105%	
6.5	40N	58N	76N	100N	130N	105%	
8	60N	88N	116N	150N	196N	105%	
9.5	80N	120N	170N	210N	280N	105%	
12.5	150N	210N	280N	370N	480N	105%	
16	240N	350N	460N	600N	800N	105%	
19	340N	500N	650N	850N	1100N	105%	
22	460N	660N	880N	1150N	1500N	105%	
26	640N	930N	1250N	1600N	2100N	105%	
28	740N	1080N	1425N	1850N	2425N	105%	
32	970N	1410N	1875N	2425N	3200N	105%	

*All Thickness must be +/- 0.5% of the nominal diameter for BS

Light Duty British Standard Shock Cord

BS3F71



Developed and manufactured in full accordance with **BS3F71:1991** Specification for light duty braided rubber cord, which specifies a range of diameters of shock cord between 3mm to 11mm. Ibex Marina have extrapolated properties in order to extend this range to 25mm.

Shock cord manufactured to this standard is suitable for use in cut lengths in parachute pack opening devices, for lightweight suspensions and other aeronautical purposes to BS SP 170-171, and in crane and tow systems where snatch loads or "elastic muscle" is needed.

The inner rubber threads are tightly encased in most diameters within two outer coverings of braid, typically either cotton or polyester, and these covers are date coded.

Aramid covers are also available.

LOAD TO GIVE EXTENSION OF:

Diameter* (mm)	30%		100%		Total Extension
	Min	Max	Min	Max	
3	5N	7.5N	7.5N	11N	125%
4	9N	14N	14N	20N	125%
5	14N	22N	22N	31N	125%
5.5	17N	26N	26N	40N	125%
6.5	25N	36N	36N	53N	125%
8	37N	55N	55N	80N	125%
9.5	54N	78N	78N	114N	125%
11	70N	104N	104N	152N	125%

*All Thickness must be +/- 0.5% of the nominal diameter for BS

Power Springs



POWERSPRINGS ARE AVAILABLE IN SIX DIAMETERS.

At each of these diameters length is available from 100mm to 100m with a length tolerance of +/- 1% or 5mm. Powersprings can be specified in a similar way to a steel extension spring. A typical specification chart is shown in the table.

The load at any extension can be calculated using the formula:

$$\text{Load} = S \times E + FO$$

(where S = spring rate, E = % extension and FO = initial tension)

Designed to harness the power of the elemental materials, Power Springs are high-strength elastic tension/extension springs manufactured from a natural rubber core enclosed in braided fibre inner and outer covers.

Powersprings deliver a unique combination of power and load characteristics that offer a high performance alternative to coiled steel springs.

- Exceptional load - weight ratio
- Virtually no restriction on length
- Outstanding flexibility
- Tested beyond 5,000,000 cycles
- Non magnetic
- Chemical resistance
- Wide temperature service range
- Available in endless ring applications

Essential to the versatility of Powersprings is its patented termination options.

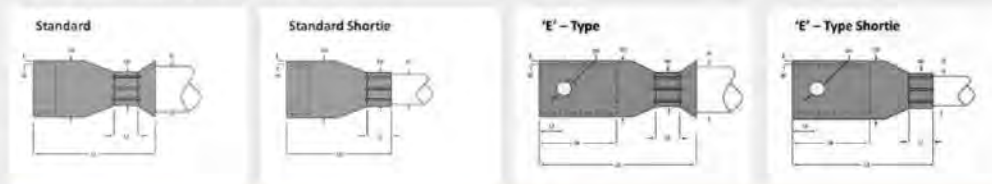
In external tests carried out by the Institute of Spring Technology, in excess of 5,000,000 load cycles had been achieved.

A range of stainless steel and aluminium end fittings are used as standard, but customised end options can be fitted to meet application demands. Additionally for special requirements, to meet British Standard 3F70:1991 for example, or when high performance is required, different fibre sheathing cover materials can be used.

Cord diameter mm (in)	Maximum load N (lb)	Initial Tension N (lb)	Preload N (lb)	Nominal free length	Spring rate N (lb)	Maximum extension %
12.5 (0.49)	487 (109)	135 (30)	174 (39)	Any	3.91 (0.88)	90
16.0 (0.63)	826 (186)	190 (43)	261 (59)	Any	7.07 (1.59)	90
19.0 (0.75)	1152 (259)	248 (56)	348 (78)	Any	10.04 (2.26)	90
22.0 (0.87)	1565 (352)	367 (82)	500 (112)	Any	13.31 (2.99)	90
26.0 (1.02)	1957 (440)	538 (121)	696 (156)	Any	15.77 (3.54)	90
32.0 (1.26)	3326 (747)	782 (176)	1063 (239)	Any	28.27 (6.35)	90

Pre-load = load at 10% extension.
Initial tension = calculated value that assumes the modulus is constant to zero extension.

POWERSPRINGS STANDARD TERMINATIONS:



Cord Diameter (mm)	Aluminium										Steel											
	D1	D2	D3	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	W	D1	D2	D3	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	W
12.5	19	16	7	46	26	64	18	11	38	56	2.6	19	15	7	46	26	64	18	11	38	56	2.6
16	25.4	21	7	51	26	75	21	11	41	65	3.3	25.4	21	7	51	26	75	21	11	41	65	3.3
19	28.6	19	7	55	26	79	21	11	44	67	3.3	28.6	19	7	55	26	79	21	11	44	67	3.3
22	31.8	23	10	59	27	83	22	15	46	70	3.3	31.8	23	10	59	27	83	22	15	46	70	3.3
26	38.1	26	10	65	27	95	36	15	50	80	3.3	38.1	26	10	65	27	95	36	15	50	80	4
32	44.5	30	10	75	29	111	38	15	57	93	3.3	44.5	30	10	75	29	111	38	15	57	93	3.3

This information may be subject to change.

Power Bands



PowerBands are a high strength shockcord assembly. Our PowerBands have Stainless Steel, Galvanised Steel, Nylon or Aluminium thimbles or soft eyes and are bonded with 2 servings of whipping to ensure strength under heavy loads. These PowerBands are mainly used in the defence industry but have also been used in Leisure / Adventure applications.

SP Aerospace Assemblies

Available in heavy 3F70 or light duty 3F71, this technical assembly is used mainly in the Aerospace industry. The Stainless steel ferrules 'A' to 'G' comply to the British Standard 168 and 169 for this product.



Commercial Shock Cord & Assemblies

Available in diameters ranging from 3mm to 14mm, polyester, polypropylene and nylon covers, and in a range of colours (some subject to MOQ), commercial shock cord is supplied in 50 or 100 metre reel lengths, or in assemblies for use in a vast array of industries, including leisure, marine, equestrian, agriculture, transportation, and automotive.



8) Catálogo de pernos, arandelas y tuercas



- Cobre
- Conexiones
- Ferretería
- Planchas
- Tubos
- Válvulas



Pernos

<p>PERNO HEXAGONAL GRADO 2 Norma De Fabricación: Ansi B18.2.1 Material: Acero mediano carbono Acabado: Bruñido negro / Zincado Diametros: 3/16" hasta 2" Longitud: 1/2" Hasta 25"</p>	<p>PERNO HEXAGONAL GRADO 5 Norma De Fabricación: Ansi B18.2.1 Material: Acero mediano carbono, templado y revenido Acabado: Bruñido negro Diametros: 3/16" hasta 2" Longitud: 1/2" Hasta 25"</p>
<p>PERNO HEXAGONAL GRADO 5.8 Norma De Fabricación: Ansi B18.2.31m Material: Acero mediano carbono Acabado: Tropicalizado Diametros: M-3 hasta M-42 Longitud: 10mm hasta 300mm</p>	<p>PERNO HEXAGONAL GRADO 8 Norma De Fabricación: Ansi B18.2.1 Material: Acero Aleado, templado y revenido. Acabado: Bruñido negro Diametros: 1/4" hasta 1.1/8" Longitud: 1/2" hasta 25"</p>
<p>PERNO HEXAGONAL - GRADO 8.8 / 10.9 Norma De Fabricación: Ansi B18.2.31m Material: Acero mediano carbono, templado y revenido Acabado: Bruñido Negro Diametros: M-6 hasta M-42 Longitud: 10mm hasta 300mm</p>	<p>PERNO SOCKET ALLEN Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18.3 Din912 Material: Acero Y Acero Inoxidable Calidad: Grado 12,9 Acabado: Bruñido Negro / Acero Inoxidable Diametros: 1/8" Hasta 1.1/2" / M3" Hasta M30" Longitud: 3/8" Hasta 12" / 8mm hasta 200mm</p>

Jr. Fermin Fitzcarrald N°1219 Urb. Covida
 Los Olivos - Lima

E-mail: ceiinsa@hotmail.com / elfi@ceiinsa.com
 WEB: WWW.CEIINSA.COM

521-7894 / 523-1090
 983-511-890



C Pernos

<p>PERNO HEXAGONAL INOXIDABLE Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18.2.1 Material: Acero Inoxidable Calidad: Aisi 304 / Aisi 316 Diametros: 1/4" Hasta 2" / M3" Hasta M42" Longitud: 1/2" Hasta 25" / 10mm Hasta 300mm</p> 	<p>PERNO SOCKET BUTTON Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18.3 Din912 Material: Acero Y Acero Inoxidable Calidad: Grado 10,9 Acabado: Bruñido Negro / Acero Inoxidable Diametros: 5/32" Hasta 1/2" / M4" Hasta M12" Longitud: 1/2" Hasta 2" / 10mm Hasta 50mm</p> 
<p>PERNO CABEZA COCHE Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18.5 Material: Acero Mediano Carbono Acabado: Bruñido Negro / Zincado / Inoxidable Diametros: 1/4" Hasta 3/4" Longitud: 1/2" Hasta 10"</p> 	<p>PERNO FLAT ALLEN Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18. Din7991 Material: Acero Y Acero Inoxidable Calidad: Grado 10,9 Acabado: Bruñido Negro / Acero Inoxidable Diametros: 3/16" hasta 3/4" / M3" hasta M20"</p> 
<p>PERNO DE EXPANSIÓN Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18.3.86 Material: Acero / Acero Inoxidable Acabado: Zincado / Inoxidable Diametros: 1/4"- 3/8"- 1/2"- 5/8"- 3/4"- 1" Longitud: 1.3/4" hasta 8.1/2"</p> 	<p>PERNO CAPACHO Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18.8.1 Material: Acero Calidad: Grado 2 Acabado: Bruñido Negro Diametros: 1/4" hasta 3/8" Longitud: 3/4" hasta 3"</p> 

Jr. Fermín Fitzcarrald N°1219 Urb. Covida
Los Olivos - Lima

E-mail: ceiinsa@hotmail.com / elfi@ceiinsa.com
 WEB: WWW.CEIINSA.COM

 **521-7894 / 523-1090**
983-511-890



C Pernos

<p>TUERCA HEXAGONAL Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18.2.2 Din 934 Material: Acero Calidad: Grado 2- 5- 8 / Grado 5.8- 8.8- 10.9 Acabado: Bruñido Negro / Tropicalizado Diametros: 1/8" hasta 2.1/2" / M-3" hasta M-48"</p> 	<p>TUERCA CON SEGURO DE NYLON Norma De Fabricación: Din 985 Material: Acero / Acero Inoxidable Acabado: Zincado / Acero Inoxidable Diametros: 5/32" hasta 2" / M-3" hasta M-30"</p> 
<p>AUTOPERFORANTE CON ARANDELA DE NEOPRENO Material: Acero Mediano Carbono- Cementado Acabado: Zincado Diametros: 8, 10, 12, 14 Longitud: 3/4" Hasta 3"</p> 	<p>TUERCA HEXAGONAL INOXIDABLE Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18.2.2 Din 934 Material: Acero Inoxidable Calidad: Aisi 304 / Aisi 316 Acabado: Acero Inoxidable Diametros: 1/8" hasta 2" / M-3" hasta M-30"</p> 
<p>AUTORROSCANTES CABEZA HEXAGONAL Material: Acero Mediano Carbono- Cementado Acabado: Zincado Diametros: 10, 14 Longitud: 3/4" Hasta 2"</p> 	<p>AUTORROSCANTES CABEZA PLANA Material: Acero Mediano Carbono- Cementado Acabado: Zincado Diametros: 4, 6, 8, 10, 12, 14 Longitud: 1/4" Hasta 2"</p> 

Jr. Fermín Fitzcarrald N°1219 Urb. Covida
Los Olivos - Lima

E-mail: ceiinsa@hotmail.com / elfi@ceiinsa.com
 WEB: WWW.CEIINSA.COM

521-7894 / 523-1090
983-511-890



C Pernos

<p>STOVE BOLTS CABEZA PLANA Material: Acero Bajo Carbono Acabado: Zincado Diametros: 1/8" Hasta 1/4" Longitud: 1/4" Hasta 3"</p> 	<p>TIRAFON Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18.2.1 Material: Acero Mediano Carbono Calidad: Grado 2 Acabado: Zincado Diametros: 1/4" hasta 5/8" Longitud: 3/4" hasta 5"</p> 
<p>STOVE BOLTS CABEZA REDONDA Material: Acero Bajo Carbono Acabado: Zincado Diametro: 1/8" Hasta 1/4" Longitud: 1/4" Hasta 3"</p> 	<p>TIRAFON INOXIDABLE Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18.2.1 Material: Acero Inoxidable Calidad: Acero Inoxidable Aisi 304 Acabado: Zincado Diametros: 1/4" hasta 5/8" Longitud: 1" hasta 6"</p> 
<p>AUTORROSCANTES CABEZA PAN PHILLIPS Norma De Fabricación: Ansi B18.5.1 Material: Acero Mediano Carbono- Cementado Acabado: Zincado Diametros: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 Longitud: 1/4" Hasta 3"</p> 	<p>AUTORROSCANTES INOXIDABLES Norma De Fabricación: Ansi B18.5.1 Material: Acero Inoxidable Calidad: Aisi 304 Diametros: 4, 6, 8, 10, 12, 14 Longitud: 1/4" Hasta 3"</p> 

Jr. Fermín Fitzcarrald N°1219 Urb. Covida
Los Olivos - Lima

E-mail: ceiinsa@hotmail.com / elfi@ceiinsa.com
WEB: WWW.CEIINSA.COM

 **521-7894 / 523-1090**
983-511-890



C Pernos


<p>STOVE BOLTS CABEZA CILINDRICA Material: Acero Bajo Carbono Acabado: Zincado Diametros: M3- M-4- M-5- M-6 Longitud: 6mm hasta 50mm</p> 	<p>ARANDELA PLANA INOXIDABLE Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18.22.1 Din125 Material: Acero Inoxidable Calidad: Aisi 304 / Aisi 316 Acabado: AceroInoxidable Diametros: 1/8" hasta 2" / M-3" hasta M-30"</p> 
<p>ARANDELA PLANA MILIMETRICA Norma De Fabricación: Ansi B18.22.1 Din 125 Material: Acero Mediano Carbono Acabado: Tropicalizado Diametros: M-3" Hasta M-30"</p> 	<p>ARANDELA DE PRESIÓN Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18.22.1 Din 127 Material: Acero Acabado: Bruñido Negro / Zincado Diametros: 1/8" Hasta 2"</p> 
<p>ARANDELA PLANA Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18.22.1 Din125 Material: Acero Acabado: Bruñido Negro / Zincado Diametros: 1/8" hasta 2"</p> 	<p>ARANDELA DE PRESION INOXIDABLE Norma De Fabricación: Ansi / Asme B18.22.1 Din 127 Material: Acero Inoxidable Calidad: Aisi 304 / Aisi 316 Acabado: Inoxidable Diametros: 1/8" hasta 2" / M-3" hasta M-30"</p> 

Jr. Fermín Fitzcarrald N°1219 Urb. Covida
Los Olivos - Lima

E-mail: ceiinsa@hotmail.com / elfi@ceiinsa.com
 WEB: WWW.CEIINSA.COM


521-7894 / 523-1090
983-511-890

9) Microcontrolador ESP32



ESP32 Series

Datasheet

Including:

ESP32-D0WD
ESP32-D0WDQ6
ESP32-D2WD
ESP32-S0WD



Version 3.0
Espressif Systems
Copyright © 2019



- Asynchronous data reception and transmission
- Adaptive Frequency Hopping and Channel assessment
- Connection parameter update
- Data Length Extension
- Link Layer Encryption
- LE Ping

3.7 RTC and Low-Power Management

With the use of advanced power-management technologies, ESP32 can switch between different power modes.

- Power modes

- Active mode: The chip radio is powered on. The chip can receive, transmit, or listen.
- Modem-sleep mode: The CPU is operational and the clock is configurable. The Wi-Fi/Bluetooth base-band and radio are disabled.
- Light-sleep mode: The CPU is paused. The RTC memory and RTC peripherals, as well as the ULP co-processor are running. Any wake-up events (MAC, host, RTC timer, or external interrupts) will wake up the chip.
- Deep-sleep mode: Only the RTC memory and RTC peripherals are powered on. Wi-Fi and Bluetooth connection data are stored in the RTC memory. The ULP co-processor is functional.
- Hibernation mode: The internal 8-MHz oscillator and ULP co-processor are disabled. The RTC recovery memory is powered down. Only one RTC timer on the slow clock and certain RTC GPIOs are active. The RTC timer or the RTC GPIOs can wake up the chip from the Hibernation mode.

Table 6: Power Consumption by Power Modes

Power mode	Description		Power consumption
Active (RF working)	Wi-Fi Tx packet		Please refer to Table 15 for details.
	Wi-Fi/BT Tx packet		
	Wi-Fi/BT Rx and listening		
Modem-sleep	The CPU is powered on.	240 MHz *	Dual-core chip(s) 30 mA ~ 68 mA
			Single-core chip(s) N/A
		160 MHz *	Dual-core chip(s) 27 mA ~ 44 mA
			Single-core chip(s) 27 mA ~ 34 mA
		Normal speed: 80 MHz	Dual-core chip(s) 20 mA ~ 31 mA
			Single-core chip(s) 20 mA ~ 25 mA
Light-sleep	-		0.8 mA
Deep-sleep	The ULP co-processor is powered on.		150 μ A
	ULP sensor-monitored pattern		100 μ A @1% duty
	RTC timer + RTC memory		10 μ A
Hibernation	RTC timer only		5 μ A
Power off	CHIP_PU is set to low level, the chip is powered off.		0.1 μ A

5.5 RF Power-Consumption Specifications

The power consumption measurements are taken with a 3.3 V supply at 25 °C of ambient temperature at the RF port. All transmitters' measurements are based on a 50% duty cycle.

Table 15: RF Power-Consumption Specifications

Mode	Min	Typ	Max	Unit
Transmit 802.11b, DSSS 1 Mbps, POUT = +19.5 dBm	-	240	-	mA
Transmit 802.11b, OFDM 54 Mbps, POUT = +16 dBm	-	190	-	mA
Transmit 802.11g, OFDM MCS7, POUT = +14 dBm	-	180	-	mA
Receive 802.11b/g/n	-	95 ~ 100	-	mA
Transmit BT/BLE, POUT = 0 dBm	-	130	-	mA
Receive BT/BLE	-	95 ~ 100	-	mA

5.6 Wi-Fi Radio

Table 16: Wi-Fi Radio Characteristics

Description	Min	Typical	Max	Unit
Input frequency	2412	-	2484	MHz
Output impedance*	-	*	-	Ω
Tx power				
Output power of PA for 72.2 Mbps	13	14	15	dBm
Output power of PA for 11b mode	19.5	20	20.5	dBm
Sensitivity				
DSSS, 1 Mbps	-	-98	-	dBm
CCK, 11 Mbps	-	-91	-	dBm
OFDM, 6 Mbps	-	-93	-	dBm
OFDM, 54 Mbps	-	-75	-	dBm
HT20, MCS0	-	-93	-	dBm
HT20, MCS7	-	-73	-	dBm
HT40, MCS0	-	-90	-	dBm
HT40, MCS7	-	-70	-	dBm
MCS32	-	-89	-	dBm
Adjacent channel rejection				
OFDM, 6 Mbps	-	37	-	dB
OFDM, 54 Mbps	-	21	-	dB
HT20, MCS0	-	37	-	dB
HT20, MCS7	-	20	-	dB

*The typical value of ESP32's Wi-Fi radio output impedance is different in chips of different QFN packages. For ESP32 chips with a QFN 6x6 package (ESP32-D0WQ6), the value is 30+ \pm 10 Ω . For ESP32 chips with a QFN 5x5 package (ESP32-D0WD, ESP32-D2WD, ESP32-S0WD), the value is 35+ \pm 10 Ω .

10) Celda de carga

Type B3G Load Cell



Short Description



- Stainless steel IP67, "S" type load cell
- Tension and compression applications
- Suitable for hanging, hopper and other weighing devices
- Also available in imperial capacities and dimensions

Test certificate no. D09-06.07
C of C no R60/2000-CNI-06.02

Certificate no. 06-099A1

Available Models

Capacity	Accuracy	Full article description
50kg	C3	B3G-C3-50kg-6B
100kg	C3	B3G-C3-100kg-6B
250kg	C3	B3G-C3-250kg-6B
500kg	C3	B3G-C3-500kg-6B
1t	C3	B3G-C3-1t-6B
2.5t	C3	B3G-C3-2.5t-6B
5t	C3	B3G-C3-5t-6B
7.5t	C3	B3G-C3-7.5t-6B
10t	C3	B3G-C3-10t-6B

Specifications and dimensions are subject to change without notice and do not constitute any liability whatsoever.

Nr 2020-11 B3G-Rev5
Page 1 of 1

We believe we make you stronger!



Zemic Europe B.V.
T: +31 76 50 39480
info@zemic.nl
www.zemiceurope.com

Type B3G Load Cell



Technical Specifications B3G

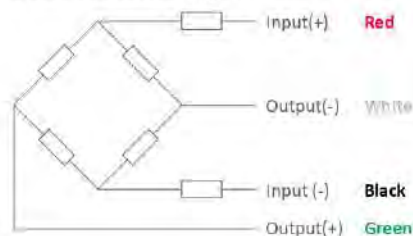
Accuracy Class		OIML R60 C3		
Output Sensitivity (= FS)	mV/V	3.0 ± 0.008		
Maximum Capacity (E _{max})	t	0.05, 0.1	0.25, 0.5, 1, 2.5	5, 7.5, 10
Max. Number of Load Cell Intervals	n _{LC}	3000		
Ratio of min. LC Verification Interval	$Y = E_{max} / V_{min}$	7000	10000	12000
Combined Error	%FS	≤± 0.020		
Creep Error (30 minutes)	%FS	≤± 0.016		
Temperature Effect on Zero (ZTC)	%FS/10°C	≤± 0.015		
Temperature Effect on Sensitivity (STC)	%FS/10°C	≤± 0.011		
Zero Balance	%FS	≤± 1.0		
Safe Overload	%FS	150		
Ultimate Overload	%FS	300		
Maximum Deflection	mm	0.1935 ~ 0.4079		
Excitation, Recommended Voltage	V	5 ~ 12		
Excitation, Maximum Voltage	V	18		
Input Resistance	Ω	430 ± 50		
Output Resistance	Ω	351 ± 2		
Insulation Resistance (50V)	MΩ	≥5000		
Compensated Temperature	°C	-10 ~ + 40		
Operating Temperature	°C	-35 ~ + 65		
Storage Temperature	°C	-40 ~ + 70		
Load Cell Weight	kg	0.05t – 1t: 0.5-0.8	2.5t-5t: ~1.5	7.5t: 3.1 10t: 5.6
Element Material		Stainless Steel		
Ingress Protection (acc. to EN 60529)		IP67		
Recommended Torque on Fixation Bolts	Nm	M8:25	M12:75	M20:450 M24:750 M30:1450
ATEX classification (optional)		II1G Ex ia II1C T4	II1D Ex iaD 20 T73°C	II3G Ex nL IIC T4

Wiring

Features:

Cable type: Shielded, 4 conductor cable , conductor AWG 22
 Cable diameter: Ø 5.0mm
 Cable length: 6m
 Cable jacket: Polyurethane
 Shield not connected to element

4-Wire Connection Diagram



Nr. 0030-11-030 Rev.3
 Date: / /

We believe we make you stronger!



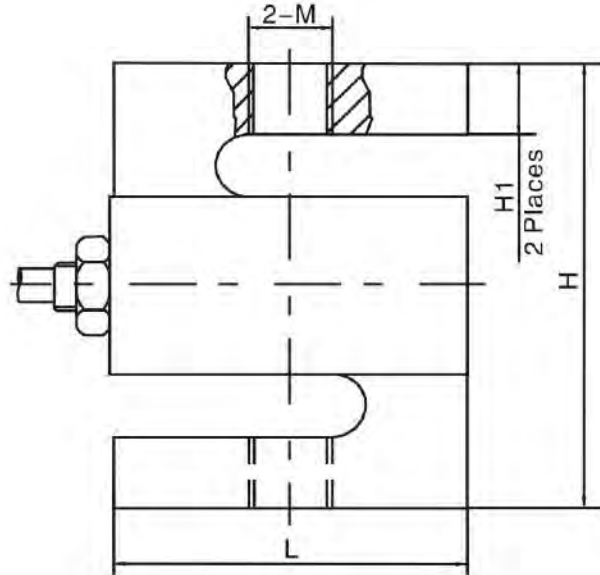
Zemic Europe B.V.
 T: +31 76 50 39480
 info@zemic.nl
 www.zemic-europe.com

Type B3G Load Cell

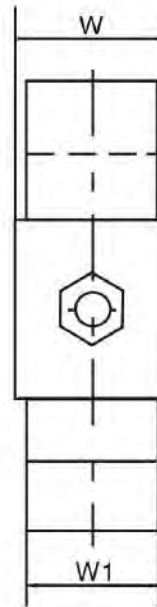


Dimensions in mm

Front View



Side View



Dimension Capacity	L	H	H1	W1	W	M
50-100kg	50.8	60.96	8.89	11.68	15.06	M8
250-500kg	50.8	60.96	8.89	18.03	21.41	M12
1t	50.8	60.96	8.89	24.38	27.76	M12
2.5t	76.2	99.06	13.97	24.38	27.76	M20 x 1.5
5t	74.68	99.06	18.37	30.74	34.12	M20 x 1.5
7.5t	87.38	139.7	27.5	37.08	40.46	M24 x 2
10t	112.78	177.8	39.9	42.93	46.31	M30 x 2

© 2020 Zemic Europe B.V. All rights reserved. No part of this document may be reproduced without written permission from Zemic Europe B.V.

TN_2020_11_B3G_Rev5
Page 1/4

WE MEASURE TO MAKE YOU STRONGER!

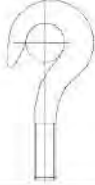
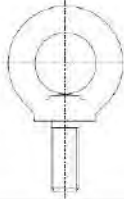

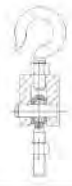



Zemic Europe B.V.
T: +31 76 50 39480
info@zemic.nl
www.zemic-europe.com

Type B3G Load Cell



Available accessories

<p>HL-3-001-25kg-5t hook</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alloy Steel • Suitable for hybrid scales, crane scales, packaging scales and hopper scales 	
<p>HL-3-002-25kg-5t eye</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alloy Steel • Suitable for hybrid scales, crane scales, packaging scales and hopper scales 	
<p>HL-3-003-25kg-5t rod end</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alloy Steel • Suitable for hybrid scales, crane scales, packaging scales, hopper scales and other electronic weighing devices 	
<p>HL-3-004-25kg-5t hook assembly</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alloy Steel • Suitable for hybrid scales, crane scales, packaging scales, hopper scales and other electronic weighing devices 	
<p>HL-3-005-25kg-5t eye assembly</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alloy Steel • Suitable for hybrid scales, crane scales, packaging scales, hopper scales and other electronic weighing devices 	

Specifications and dimensions are subject to change without notice and without any liability to Zemic.

Rev. 2020.11 B3G Rev 5
Page 5/2

"We believe we make you stronger!"



Zemic Europe B.V.
T: +31 76 50 39480
info@zemic.nl
www.zemiceurope.com

11) HC-SR04

Cytron
Technologies



User's Manual

V1.0

May 2013

Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Cytron Technologies Incorporated with respect to the accuracy or use of such information or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Cytron Technologies's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Cytron Technologies. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

1.0 INTRODUCTION

The HC-SR04 ultrasonic sensor uses sonar to determine distance to an object like bats or dolphins do. It offers excellent non-contact range detection with high accuracy and stable readings in an easy-to-use package. From 2cm to 400 cm or 1" to 13 feet. Its operation is not affected by sunlight or black material like Sharp rangefinders are (although acoustically soft materials like cloth can be difficult to detect). It comes complete with ultrasonic transmitter and receiver module.

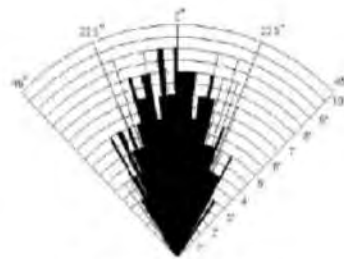
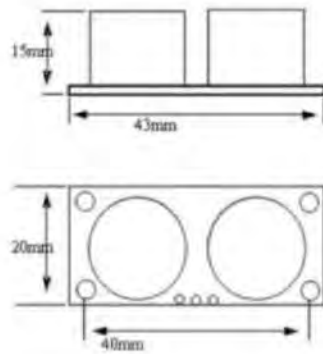
Features:

- Power Supply :+5V DC
- Quiescent Current : <2mA
- Working Current: 15mA
- Effectual Angle: <15°
- Ranging Distance : 2cm – 400 cm/1" - 13ft
- Resolution : 0.3 cm
- Measuring Angle: 30 degree
- Trigger Input Pulse width: 10µS
- Dimension: 45mm x 20mm x 15mm

3.0 PRODUCT LAYOUT



VCC = +5VDC
Trig = Trigger input of Sensor
Echo = Echo output of Sensor
GND = GND



Practical test of performance,
Best in 30 degree angle

4.0 PRODUCT SPECIFICATION AND LIMITATIONS

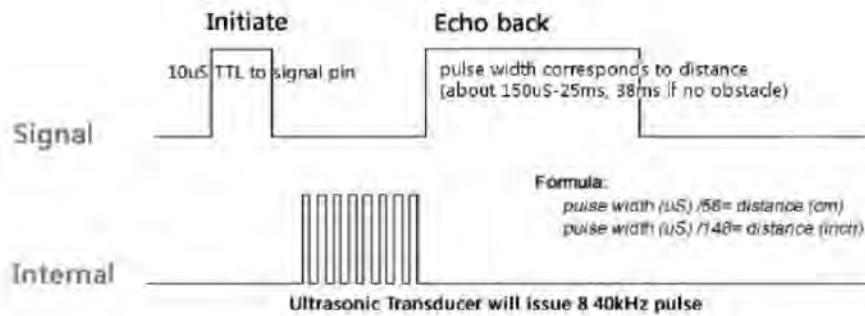
Parameter	Min	Typ.	Max	Unit
Operating Voltage	4.50	5.0	5.5	V
Quiescent Current	1.5	2	2.5	mA
Working Current	10	15	20	mA
Ultrasonic Frequency	-	40	-	kHz

5.0 OPERATION

The timing diagram of HC-SR04 is shown. To start measurement, Trig of SR04 must receive a pulse of high (5V) for at least 10 μ s, this will initiate the sensor will transmit out 8 cycle of ultrasonic burst at 40kHz and wait for the reflected ultrasonic burst. When the sensor detected ultrasonic from receiver, it will set the Echo pin to high (5V) and delay for a period (width) which proportion to distance. To obtain the distance, measure the width (Ton) of Echo pin.

Time = Width of Echo pulse, in μ s (micro second)

- Distance in centimeters = Time / 58
- Distance in inches = Time / 148
- Or you can utilize the speed of sound, which is 340m/s



Note:

- Please connect the GND pin first before supplying power to VCC.
- Please make sure the surface of object to be detect should have at least 0.5 meter² better performance.

24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of $\pm 20\text{mV}$ or $\pm 40\text{mV}$ respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
 - normal operation $< 1.5\text{mA}$, power down $< 1\mu\text{A}$
- Operation supply voltage range: 2.6 ~ 5.5V
- Operation temperature range: $-40 \sim +85^\circ\text{C}$
- 16 pin SOP-16 package

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

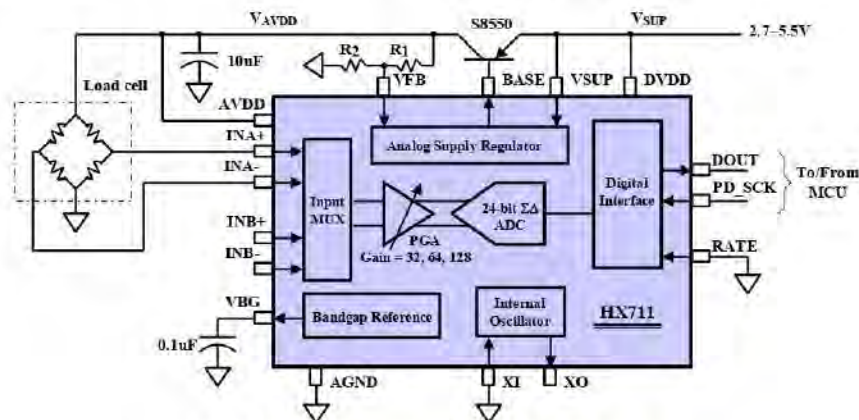
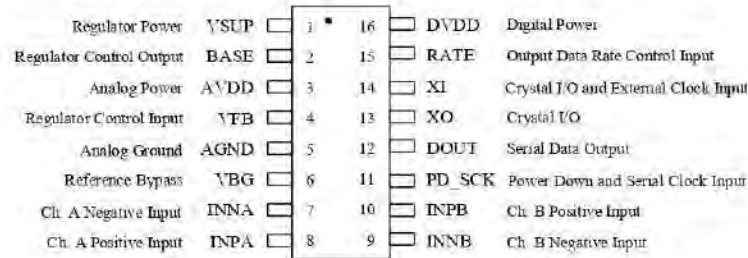


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

Pin Description


SOP-16L Package

Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output (NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input (connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

Table 1 Pin Description

KEY ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
Full scale differential input range	$V(\text{inp})-V(\text{inn})$		$\pm 0.5(\text{AVDD}/\text{GAIN})$		V
Common mode input		AGND+1.2		AVDD-1.3	V
Output data rate	Internal Oscillator, RATE = 0		10		Hz
	Internal Oscillator, RATE = DVDD		80		
	Crystal or external clock, RATE = 0		$f_{\text{clk}}/1,105,920$		
	Crystal or external clock, RATE = DVDD		$f_{\text{clk}}/138,240$		
Output data coding	2's complement	800000		7FFFFF	HEX
Output settling time ⁽¹⁾	RATE = 0		400		ms
	RATE = DVDD		50		
Input offset drift	Gain = 128		0.2		mV
	Gain = 64		0.4		
Input noise	Gain = 128, RATE = 0		50		nV(rms)
	Gain = 128, RATE = DVDD		90		
Temperature drift	Input offset (Gain = 128)		± 6		nV/°C
	Gain (Gain = 128)		± 5		ppm/°C
Input common mode rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Power supply rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Reference bypass (V_{BG})			1.25		V
Crystal or external clock frequency		1	11.0592	20	MHz
Power supply voltage	DVDD	2.6		5.5	V
	AVDD, VSUP	2.6		5.5	
Analog supply current (including regulator)	Normal		1400		μA
	Power down		0.3		
Digital supply current	Normal		100		μA
	Power down		0.2		

(1) Settling time refers to the time from power up, reset, input channel change and gain change to valid stable output data.

Table 2 Key Electrical Characteristics

Analog Inputs

Channel A differential input is designed to interface directly with a bridge sensor's differential output. It can be programmed with a gain of 128 or 64. The large gains are needed to accommodate the small output signal from the sensor. When 5V supply is used at the AVDD pin, these gains correspond to a full-scale differential input voltage of $\pm 20\text{mV}$ or $\pm 40\text{mV}$ respectively.

Channel B differential input has a fixed gain of 32. The full-scale input voltage range is $\pm 80\text{mV}$, when 5V supply is used at the AVDD pin.

Power Supply Options

Digital power supply (DVDD) should be the same power supply as the MCU power supply.

When using internal analog supply regulator, the dropout voltage of the regulator depends on the external transistor used. The output voltage is equal to $V_{AVDD} = V_{BG} * (R1+R2)/R2$ (Fig.1). This voltage should be designed with a minimum of 100mV below VSUP voltage.

If the on-chip analog supply regulator is not used, the VSUP pin should be connected to either AVDD or DVDD, depending on which voltage is higher. Pin VFB should be connected to Ground and pin BASE becomes NC. The external 0.1uF bypass capacitor shown on Fig. 1 at the VBG output pin is then not needed.

Clock Source Options

By connecting pin XI to Ground, the on-chip oscillator is activated. The nominal output data rate when using the internal oscillator is 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

If accurate output data rate is needed, crystal or external reference clock can be used. A crystal can be directly connected across XI and XO pins. An external clock can be connected to XI pin, through a 20pF ac coupled capacitor. This external clock is not required to be a square wave. It can come directly from the crystal output pin of the MCU chip, with amplitude as low as 150 mV.

When using a crystal or an external clock, the internal oscillator is automatically powered down.

Output Data Rate and Format

When using the on-chip oscillator, output data rate is typically 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

When using external clock or crystal, output data rate is directly proportional to the clock or crystal frequency. Using 11.0592MHz clock or crystal results in an accurate 10 (RTE=0) or 80SPS (RATE=1) output data rate.

The output 24 bits of data is in 2's complement format. When input differential signal goes out of the 24-bit range, the output data will be saturated at 800000h (MIN) or 7FFFFFFh (MAX), until the input signal comes back to the input range.

Serial Interface

Pin PD_SCK and DOUT are used for data retrieval, input selection, gain selection and power down controls.

When output data is not ready for retrieval, digital output pin DOUT is high. Serial clock input PD_SCK should be low. When DOUT goes to low, it indicates data is ready for retrieval. By applying 25~27 positive clock pulses at the PD_SCK pin, data is shifted out from the DOUT output pin. Each PD_SCK pulse shifts out one bit, starting with the MSB bit first, until all 24 bits are shifted out. The 25th pulse at PD_SCK input will pull DOUT pin back to high (Fig.2).

Input and gain selection are controlled by the number of the input PD_SCK pulses (Table 3). PD_SCK clock pulses should not be less than 25 or more than 27 within one conversion period, to avoid causing serial communication error.

PD_SCK Pulses	Input channel	Gain
25	A	128
26	B	32
27	A	64

Table 3 Input Channel and Gain Selection

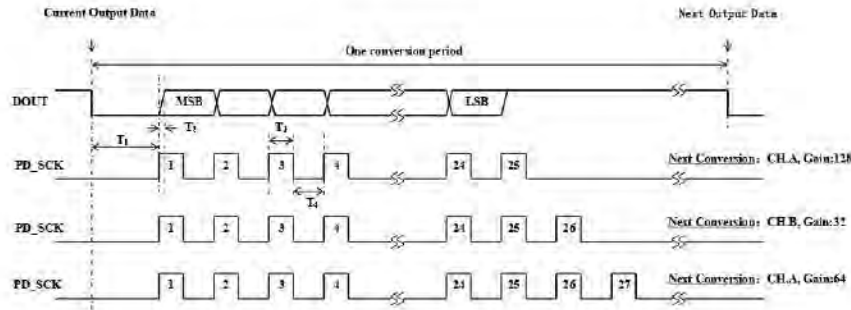


Fig.2 Data output, input and gain selection timing and control

Symbol	Note	MIN	TYP	MAX	Unit
T ₁	DOUT falling edge to PD_SCK rising edge	0.1			μs
T ₂	PD_SCK rising edge to DOUT data ready			0.1	μs
T ₃	PD_SCK high time	0.2	1	50	μs
T ₄	PD_SCK low time	0.2	1		μs

Reset and Power-Down

When chip is powered up, on-chip power on rest circuitry will reset the chip.

Pin PD_SCK input is used to power down the HX711. When PD_SCK Input is low, chip is in normal working mode.

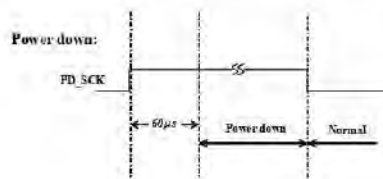


Fig.3 Power down control

When PD_SCK pin changes from low to high and stays at high for longer than 60μs, HX711 enters power down mode (Fig.3). When internal regulator is used for HX711 and the external transducer, both HX711 and the transducer will be powered down. When PD_SCK returns to low,

chip will return back to the setup conditions before power down and enter normal operation mode.

If PD_SCK pulse number is changed during the current conversion period, power down should be executed after current conversion period is completed. This is to ensure that the change is saved. When chip returns back to normal operation from power down, it will return to the set up conditions of the last change.

Application Example

Fig.1 is a typical weigh scale application using HX711. It uses on-chip oscillator (XI=0), 10Hz output data rate (RATE=0). A Single power supply (2.7~5.5V) comes directly from MCU power supply. Channel B can be used for battery level detection. The related circuitry is not shown on Fig. 1.

Reference PCB Board (Single Layer)

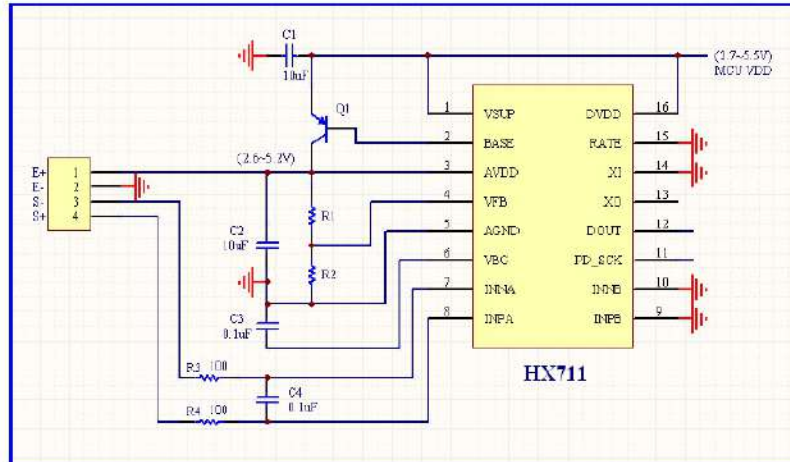


Fig.4 Reference PCB board schematic

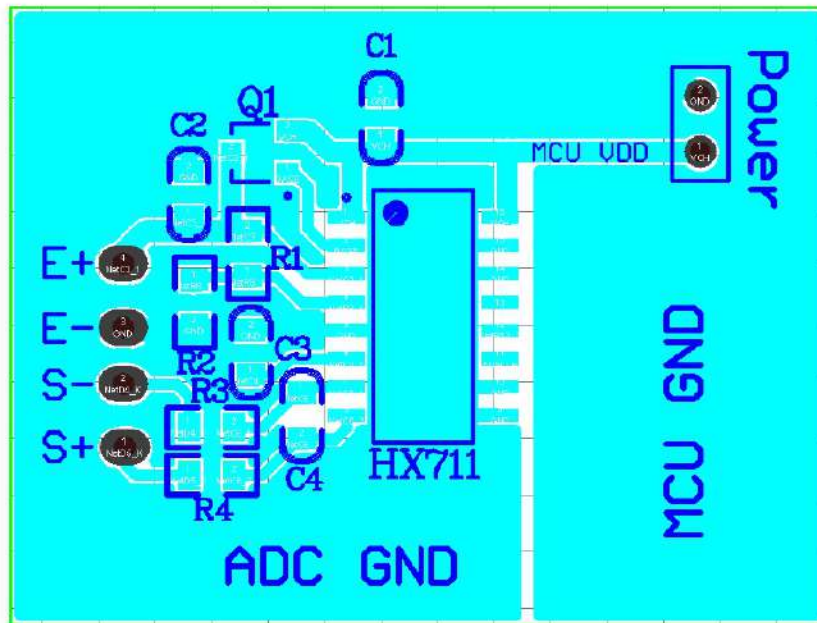


Fig.5 Reference PCB board layout

Reference Driver (Assembly)

```

/*-----
Call from ASM:      LCALL  ReaAD
Call from C:       extern unsigned long ReadAD(void);

                .
                .
                unsigned long data;
                data=ReadAD();
                .
                .
-----*/

PUBLIC          ReadAD
HX711ROM        segment code
rseg            HX711ROM

sbit            ADD0 = P1.5;
sbit            ADSK = P0.0;
/*-----
OUT:   R4, R5, R6, R7  R7=>LSB
-----*/

ReadAD:
    CLR  ADSK           //AD Enable (PD_SCK set low)
    SETB ADD0          //Enable 51CPU I/O
    JB   ADD0,$        //AD conversion completed?
    MOV  R4,#24

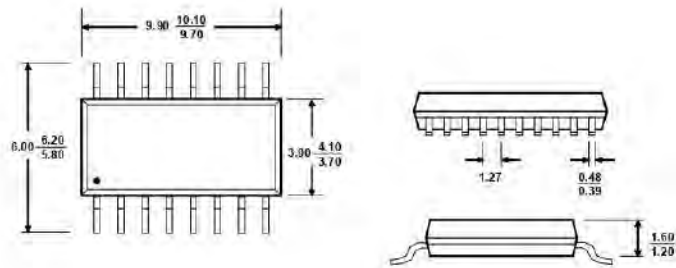
ShiftOut:
    SETB ADSK          //PD_SCK set high (positive pulse)
    NOP
    CLR  ADSK          //PD_SCK set low
    MOV  C,ADD0        //read on bit
    XCH  A,R7          //move data
    RLC  A
    XCH  A,R7
    XCH  A,R6
    RLC  A
    XCH  A,R6
    XCH  A,R5
    RLC  A
    XCH  A,R5
    DJNZ R4,ShiftOut  //moved 24BIT?
    SETB ADSK
    NOP
    CLR  ADSK
    RET
    END

```

Reference Driver (C)

```
//-----
sbit ADDO = P1^5;
sbit ADSK = P0^0;
unsigned long ReadCount(void) {
    unsigned long Count;
    unsigned char i;
    ADDO=1;
    ADSK=0;
    Count=0;
    while(ADDO);
    for (i=0,i<24;i++){
        ADSK=1;
        Count=Count<<1;
        ADSK=0;
        if(ADDO) Count++;
    }
    ADSK=1;
    Count=Count~0x80000;
    ADSK=0;
    return(Count);
}
```

Package Dimensions



Typ $\frac{\text{MAX}}{\text{MIN}}$ Unit: mm

SOP-16L Package

Revision History

revision	record
1.0	initial version
2.0	change “Reset and Power-Down”

13) Material plástico PLA

Version: 1.0
Last update: 20-09-2018

**PRUSA
POLYMERS**
by JOSEF PRUSA

TECHNICAL DATA SHEET

Prusament PLA by Prusa Polymers



PLA is the most commonly used filament. It's biodegradable, easy to print, and very strong. The perfect choice for printing large objects thanks to its low thermal expansion (little to no warping) and for printing tiny parts because of its low melting temperature.

APPLICATIONS: Concept models, functional prototypes, low-wear toys, etc.

NOT SUITABLE FOR: Long term outdoor usage because of low temperature resistance (up to 60 °C).

POST-PROCESSING: Wet sanding. Without water you'll quickly start heating the plastic by friction, it will melt locally and make it hard to keep sanding.

IDENTIFICATION:

Trade name	Prusament PLA
Chemical name	Polylactic Acid
Usage	FDM 3D printing
Manufacturer	Prusa Polymers, Prague, Czech Republic

RECOMMENDED PRINT SETTINGS:

Nozzle Temperature [°C]	210 ± 10
Heatbed Temperature [°C]	40-60
Print Speed [mm/s]	up to 200

TYPICAL MATERIAL PROPERTIES:

Physical Properties	Typical Value	Method
Peak Melt Temperature [°C]	145-160	ISO 11357
Glass Transition Temperature [°C]	55-60	ISO 11357
MFR [g/10min](1)	10.4	ISO 1133
MVR [cm ³ /10min](1)	9.4	ISO 1133
Specific Gravity [g/cm ³]	1.24	ISO 1183
Moisture Absorption 24 hours [%](2)	0.3	Prusa Polymers
Moisture Absorption 7 days [%](2)	0.3	Prusa Polymers
Moisture Absorption 4 weeks [%](2)	0.3	Prusa Polymers
Heat Deflection Temperature (0,45 MPa) [°C]	55	ISO 75
Tensile Yield Strength Filament [MPa]	57.4 ± 0.4	ISO 527-1

MECHANICAL PROPERTIES OF PRINTED TESTING SPECIMENS(3):

Property / print direction	Horizontal	Vertical X, Y-Axis	Vertical Z-Axis	Method
Tensile Modulus [GPa]	2,2 ± 0,1	2,4 ± 0,1	2,3 ± 0,1	ISO 527-1
Tensile Yield Strength [MPa]	50,8 ± 2,4	59,3 ± 1,9	37,6 ± 4,0	ISO 527-1
Elongation at Yield Point [%]	2,9 ± 0,3	3,2 ± 0,1	1,9 ± 0,3	ISO 527-1
Impact Strength Charpy(4) [kJ/m ²]	12,7 ± 0,7	13,7 ± 0,7	5,0 ± 1,4	ISO 179-1

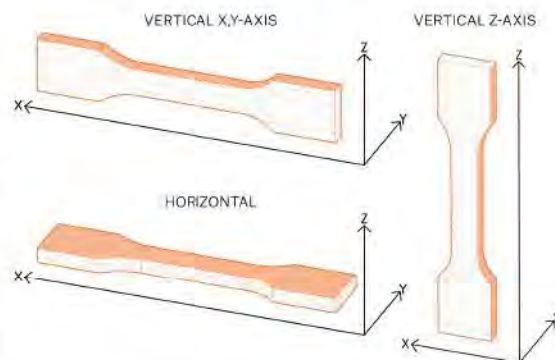
(1) 2,16 kg; 210 °C |

(2) 28 °C; humidity 37 %

(3) Original Prusa i3 MK3 3D printer was used to print testing specimens. Slic3r Prusa Edition 1.40.0 was used to create G-codes with following settings: Prusa PLA Filament; Print settings 0,20mm FAST (layers 0,2mm); solid layers Top: 0 Bottom: 0; Infill 100% Rectilinear; infill print speed 200mm/s; extruder temperature 215°C all layers; bed temperature 60°C all layers; other parameters set to default | (4) Charpy Unnotched, edgewise direction of blow according to ISO179-1

Disclaimer

The results presented in this data sheet are just for your information and comparison. Values are significantly dependent on print settings, operators experiences and surrounding conditions. Everyone have to consider suitability and possible consequences of printed parts usage. Prusa Polymers can not carry any responsibility for injures or any loss caused by using of Prusa Polymers material.



14) Material plástico PETG

TECHNICAL DATA SHEET Prusament PETG by Prusa Polymers



PETG is one of the most commonly used filaments. It is an excellent choice for printing mechanically stressed parts. Compared to PLA, it is more heat resistant, more flexible and less brittle.

APPLICATIONS: The typical use of PETG is printing functional and mechanical parts. Thanks to good layer adhesion it is also suitable for waterproof prints.

NOT SUITABLE FOR: Not suitable for tiny parts

POST-PROCESSING: When post-processing PETG, it's possible to use both dry and wet sanding.

IDENTIFICATION:

Trade name	Prusament PETG
Chemical name	Copolyester
Usage	FDM 3D printing
Diameter	1.75 ± 0.02 mm
Manufacturer	Prusa Polymers, Prague, Czech Republic

RECOMMENDED PRINT SETTINGS:

Nozzle Temperature [°C]	250 ± 10
Heatbed Temperature [°C]	80 ± 10
Print Speed [mm/s]	up to 200

TYPICAL MATERIAL PROPERTIES:

Physical Properties	Typical Value	Method
Specific Gravity [g/cm ³]	1.27	ISO 1183
Moisture Absorption 24 hours [%](1)	0.2	Prusa Polymers
Moisture Absorption 7 days [%](1)	0.3	Prusa Polymers
Moisture Absorption 4 weeks [%](1)	0.3	Prusa Polymers
Heat Deflection Temperature (0,45 MPa) [°C]	68	ISO 75
Tensile Yield Strength Filament [MPa]	46 ± 1	ISO 527

MECHANICAL PROPERTIES OF PRINTED TESTING SPECIMENS(2):

Property / print direction	Horizontal	Vertical X,Y-Axis	Vertical Z-Axis	Method
Tensile Yield Strength [MPa]	47 ± 2	50 ± 1	30 ± 5	ISO 527-1
Tensile Modulus [GPa]	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1	1.4 ± 0.1	ISO 527-1
Elongation at Yield Point [%]	5.1 ± 0.1	5.1 ± 0.1	2.5 ± 0.5	ISO 527-1
Impact Strength Charpy(3) [kJ/m ²]	NB(C)(4)	NB(4)	5 ± 1	ISO 179-1

(1) 30 °C; humidity 30 %

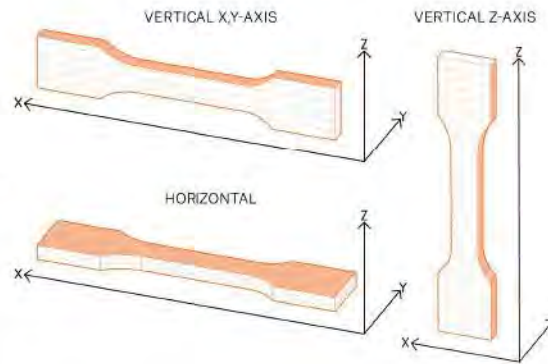
(2) Original Prusa i3 MK3 3D printer was used to make testing specimens. Slic3r Prusa Edition 1.40.0 was used to create G-codes with following settings: Prusa PETG Filament; Print settings 0,20mm FAST (layers 0,2mm); solid layers Top:0 Bottom:0; Infill 100% Rectilinear, infill print speed 100mm/s; extrusion multiplier 1,07; extruder temperature 260°C all layers; bed temperature 90°C all layers; other parameters set default

(3) Charpy unnotched - Edgewise direction of blow according to ISO 179-1

(4) NB (no break); C (complete break) in brackets second most frequent type of failure > 1/3

Disclaimer

The results presented in this data sheet are just for your information and comparison. Values are significantly dependent on print settings, operators experiences and surrounding conditions. Everyone have to consider suitability and possible consequences of printed parts usage. Prusa Polymers can not carry any responsibility for injuries or any loss caused by using of Prusa Polymers material.





ANEXO H: COTIZACIONES

- 1) Cabina de canoa V1, amas y remos

José Hugo Acuña Bedón

José Hugo Acuña Bedón

R.U.C. 10092824204

Presupuesto

Construcción y Reparación de Embarcaciones Náuticas
Yates – Veleros – Lanchas – Canoas – Kayaks – Chingos – etc.
Construcción y Reparación de Traylers

Jr. de la unión Mz.A – Lote 24 – Sector 1 – Grupo 1
Villa el salvador – Lima 42
Telfs.: (511) 2806208 Cel.: 994018723 Nextel: 401*8723
Email: jhugoacuna@yahoo.es

Presupuesto para la construcción de una sección de ambas canoas.

1. El costo para la fabricación de la parte central de la canoa v1 (1.50 m.)
2. Desde el escudo de proa hasta el escudo de popa. Con todos los implementos que lleva una canoa v1 completa es mil quinientos soles S/ 1 500
3. El costo de fabricación de la parte central de la canoa abierta v6 (3.27 m.)
4. Desde el amarre de iakos de proa hasta el amarre de iakos de popa. (posición 3 y 4 de los remeros) Con todos los implementos que lleva una canoa abierta v6 completa es tres mil quinientos setenta soles S/ 3570
5. El costo de fabricación de un remo de remero es doscientos setenta soles S/ 270 Los tres remeros sería ochocientos diez soles S/ 810
6. El precio de una canoa nueva v1 construida de la manera tradicional con sus respectivos accesorios (ama, par de iakos y tapones) es tres mil cuatrocientos soles S/ 3 400
7. Estos precios no incluyen el I.G.V.
8. Se necesitara el 50% del presupuesto para empezar los trabajos.

Jueves, 06 de setiembre de 2018

Atte.

Hugo Acuña Bedón
DNI: 09282420.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
RUC: 20155945860

CARRITO DE COMPRA

Seguir comprando



Carrito de compras



**LONA CONCORD 1.45M
AZUL CALIDO 1246419**
PLASTIQUIMICA

Suministrados y entregados por
MULTI TOP S.A.C

Precio	Cantidad	Total
S/ 17.70 S/ 17.70 / m	4 4.00 m.	S/ 70.80

Cupón de descuento

Agregar

Resumen de compra

Subtotal **S/ 70.80**

Total **S/ 70.80**



4) Pintura epóxica



MARIO VELASQUEZ ELGUERA <velasquez.mario@pucp.edu.pe>

Hola velasquez.mario@pucp.edu.pe, esto es una copia de tu cotización en nuestra web .:ANYPISA.:

ANYPISA <atencioncliente@anypsa.pe>

Responder a: ANYPISA <atencioncliente@anypsa.pe>, Administrador ANYPISA <velasquez.mario@pucp.edu.pe>

7 de septiembre de 2020, 17:06

Para: ANYPISA <velasquez.mario@pucp.edu.pe>

(01) 613-9090

Estimado(a) Mario Sebastian,
Gracias por realizar su compra en ANYPISA. A continuación detallamos los datos de su pedido.

Número de pedido: **10331**

Item	Producto	Cantidad	Precio Unitario	Monto (S/.)	Monto (USD)
1	Kit Epóxico Titanic 1	1	S/ 154.10	S/ 154.10	
				Subtotal	S/ 154.10
				Total	S/ 154.10
					(USD) S/ 0,00

Una vez realizado el depósito o transferencia, enviar el voucher escaneado o constancia de transferencia al correo ventas@anypsa.pe indicando el número de pedido y su nombre (esto es indispensable para procesar su pedido).

IMPORTANTE:

- No aceptamos pedidos para envíos el mismo día.
- De lunes a viernes se reciben pagos hasta las 6pm para envío al día siguiente.
- Los días sábados y domingos se reciben pagos hasta las 3pm para envío al día siguiente.

¡Muchas gracias por tu preferencia!

ANYPISA
Teléfono (01) 613-9090
www.anypsa.com.pe
ventas@anypsa.pe

Si necesitas ayuda o tienes alguna sugerencia contáctate con nuestro servicio de atención al cliente al correo ventas@anypsa.pe.



5) Cámaras acuáticas GOPRO Silver 7

The screenshot displays the Techno Shops website interface. At the top, there is a navigation bar with the logo, a search bar, and links for LOGIN, WISHLIST, and CART. Below this is a secondary navigation bar with DEPARTAMENTOS, INICIO, TIENDA, CONTACTO, and a dropdown for PERÚ. A pink notification bubble says "¿Dudas? ¡Contáctanos!".

The main content area shows the breadcrumb "Home > Carrito" and the heading "CARRITO". A message states "Carrito actualizado.". The cart contains one item: "Camara Gopro Hero 7 Silver" with a unit price of S/1,999.00 and a quantity of 3, resulting in a subtotal of S/2,997.00. An "ACTUALIZAR CARRITO" button is visible.

A summary sidebar on the right, titled "TOTAL DEL CARRITO", shows the following details:

TOTAL DEL CARRITO	
Subtotal	S/2,997.00
Envío	Envío Gratis Enviar a Lima.
Total	S/2,997.00

A pink "FINALIZAR COMPRA" button is located at the bottom of the summary sidebar.

6) Componentes electrónicos

MARIO VELASQUEZ - AYUDA








Buscar en catalogo



18 ARTICULO(S)

PRODUCTOS IMPRESIÓN 3D TUTORIALES NOTICIAS

Inicio > Carrito de compras

Carrito				
	Sensor Ultrasonido HC-SR04 S/ 8,00	- 4 +	S/ 32,00	X
	Módulo HX711 Transmisor de celda de carga S/ 12,00	- 2 +	S/ 24,00	X
	Led 5mm difuso (variado) S/ 0,40	- 4 +	S/ 1,60	X
	Conector JST para baterías Lipo S/ 3,00	- 2 +	S/ 6,00	X
	Cargador USB de batería litio con Step-Up regulable S/ 12,00	- 2 +	S/ 24,00	X
	Header 40 pines hembra S/ 1,00	- 2 +	S/ 2,00	X
	Header 40 pines macho S/ 1,00	- 2 +	S/ 2,00	X

[← Continuar Compras](#)

18 artículos S/ 91,60
Transporte S/ 13,00

[¿Tiene un código promocional?](#)

Total (IGV incl.) S/ 104,60

[Pasajero Per Caja](#)

CARRITO DE COMPRAS → CHECKOUT → COMPLETE LA COMPRA

PRODUCTO	PRECIO	CANTIDAD	SUBTOTAL
 ESP32	S/32,00	- 2 +	S/64,00
 Mini Pulsador 6x6x5mm de 2 Pines	S/0,20	- 2 +	S/0,40
 Switch 2 pines ON/OFF 6A 250V	S/1,00	- 2 +	S/2,00
 Bornera de 2 Terminales	S/0,40	- 4 +	S/1,60
 Separadores de Nylon M3x30 + 6mm	S/0,40	- 8 +	S/3,20

Código de cupón

APLICAR CUPÓN

VERIFICAR ESTADO

TOTAL DEL CARRITO

Subtotal S/71,20

Envío

Envío Inmediato: S/15,00

Envío Diferido: S/10,00

Recogida local

Enviar a Municipalidad Metropolitana de Lima.

[Cambiar dirección](#)

Total S/71,20

FINALIZAR COMPRA

Información de envío

+ Añadir nueva dirección

Métodos de pago

+ selecciona la forma de pago

Detalles del pedido

Tienda GREATZT Store



3034 Dupont línea 120 unids. 10 cm macho a macho y macho a hembra y hembra a hembra cable de acoplamiento de Dupont cable para Arduino

Color: 30CM male to female

US \$1.10

Envío: US \$0.51 vía Cainiao Super Economy Global Tiempo de entrega: 30-50 días >

+ Enviar mensaje

Subtotal	US \$1.10
Envío	US \$0.51
Cupones de Vendedor	
Total	US \$1.61

Tienda XNQ Electric Company Store



5 tipo a sensor de presión de la célula de carga sensor de presión 5kg 10kg 20kg 30kg 50kg 100kg 200kg 300kg 500kg 1T, 1,5 T 2T 3T 5T de peso

Color: 0-50kg

US \$21.39

Envío: US \$31.51 vía AliExpress Standard Shipping Tiempo de entrega: 43-59 días >

+ Enviar mensaje

Subtotal	US \$42.78
Envío	US \$31.51
Cupones de Vendedor	
Total	US \$74.29

Tienda E-Smartworld Store



JST conector de Cable macho y hembra, 2P, 3P, 4P, 5P, 6P, 2,54mm, 2-6 pines, 20CM, 26AWG

Color: 2 Pairs Pines: 4P

US \$0.89

Envío: US \$1.46 vía Cainiao Super Economy Global Tiempo de entrega: 30-50 días >

+ Enviar mensaje

Subtotal	US \$1.78
Envío	US \$1.46
Cupones de Vendedor	
Total	US \$3.24

Tienda Autoparts City Store



2 juegos de conector multipolar JST SM 8 Pin macho y hembra con Terminal de 2,54mm

Color Name: 2 Sets Female Male

US \$1.03

Envío: US \$1.05 vía Cainiao Super Economy for Special Goods Tiempo de entrega: 30-50 días >

+ Enviar mensaje

Subtotal	US \$2.08
Envío	US \$1.05
Cupones de Vendedor	
Total	US \$3.11

Tienda HAI Store



Conector de Cable JST XH2.54 XH de 2.54mm, 2/3/4/5/6/7/8/9/10 Pines, macho, hembra, 30cm de longitud, 26AWG, 10 juegos

Color: 300mm Pines: 4P

US \$1.97

Envío: US \$0.84 vía Cainiao Super Economy Global Tiempo de entrega: 30-50 días >

+ Enviar mensaje

Subtotal	US \$1.97
Envío	US \$0.84
Cupones de Vendedor	
Total	US \$2.81

Resumen del pedido

Cupón Selección

Cupón AliExpress

Código promocional

Continuar

Total US \$85.06
Aprox. PEN 320,20

Realizar pedido

El favor de leer "Realizar pedido" cuidadosamente que incluye y acepta los términos y condiciones.

AliExpress

AliExpress mantiene segura tu información y tu pago



7) Carcasas electrónicas (impresión en 3D)

LAGOM
3D Solutions

Dirección: Av. Brasil 3235, Magdalena del Mar
Ciudad: Lima
WhatsApp: +51 999 029 152
E-mail: soporte.lagom3d@gmail.com
Asesor: Nelson Sánchez

COTIZACIÓN

FECHA:	18/11/2020
COTIZACIÓN N°:	2020-0004
TIEMPO DE FABRICACIÓN:	14 días hábiles
VÁLIDO HASTA:	23/11/2020

CLIENTE

Nombre: María Velásquez
E-mail: velasquez.mario@pucp.edu.pe
Dirección:
Ciudad: Lima
Teléfono:

Descuento por volumen

10% de descuento para 2+ del mismo artículo
20% de descuento para 10+ del mismo artículo
50% de descuento para 50+ del mismo artículo

	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES	CANT.	PRECIO UNITARIO	DESCUENTO POR VOLUMEN	PRECIO
1	carcasaInferiorFuerza.stl 118.0x73.0x32.5 mm	Impresión 3D PLA (FDM) Color: Sin preferencia de color 1.8% relleno 0.3mm altura de capa	1	S/50.40	0%	S/50.40
2	carcasaSuperiorFuerza.stl 118.0x73.0x5.0 mm	Impresión 3D PLA (FDM) Color: Sin preferencia de color 1.8% relleno 0.3mm altura de capa	1	S/24.30	0%	S/24.30
3	carcasaInferiorProx.stl 183.0x60.0x33.0 mm	Impresión 3D PETG (FDM) Color: Sin preferencia de color 1.8% relleno 0.3mm altura de capa	1	S/53.40	0%	S/53.40
4	carcasaSuperiorProx.stl 93.0x60.0x5.0 mm	Impresión 3D PETG (FDM) Color: Sin preferencia de color 1.8% relleno 0.3mm altura de capa	1	S/17.10	0%	S/17.10
5	sensorInferior.stl 210.0x35.0x30.0 mm	Impresión 3D PETG (FDM) Color: Sin preferencia de color 1.8% relleno 0.3mm altura de capa	2	S/40.30	0%	S/80.60
6	sensorSuperior.stl 120.0x35.0x5.0 mm	Impresión 3D PETG (FDM) Color: Sin preferencia de color 1.8% relleno 0.3mm altura de capa	2	S/13.80	0%	S/27.60
7	ele.stl 30.0x30.0x30.0 mm	Impresión 3D PLA (FDM) Color: Sin preferencia de color 1.8% relleno 0.3mm altura de capa	2	S/4.10	0%	S/8.20
Envío					Recibo en local	S/0.00

Subtotal S/261.60

IGV (18%) S/47.09

Total PEN **S/308.69**

TERMINOS Y CONDICIONES

- Forma de pago**
Efectivo, tarjeta, depósito o transferencia bancaria
50% adelantado y 50% contraentrega
- Depósito o transferencia bancaria**
Sofiabank
Cuenta Atención Soles: 018-0908343
CCI: 009-219-0001 00000010-09
Titular: Nelson Sánchez
Banco de Crédito del Perú
Cuenta Atención Soles: 118-99491062-0-04
CCI: 002-192-99491 06200117
Titular: Nelson Sánchez
- Comenzamos la fabricación el mismo día en que se realiza el pedido, de lunes a viernes antes de las 3 p.m. Si el pedido se realiza después de las 3 p.m. o durante un fin de semana, la fabricación comenzará el siguiente día laboral.
- Al enviar un pago se considera un pedido como realizado y que se oferta según las especificaciones de la cotización (N°2020-0004)

Si usted tiene alguna duda sobre esta cotización, por favor, póngase en contacto con nosotros.
Lagom 3D Solutions | WhatsApp: +51 999 029 152 | E-mail: soporte@lagom3d.com

8) Soportes de cámara (impresión en 3D)

LAGOM
3D Solutions

Dirección: Av. Brasil 3256, J. Lagodena del I. I. I.
Ciudad: Lima
WhatsApp: +51 999 029 132
E-mail: soporte.lagom3d@gmail.com
Aresor: Nelson Sanchez

COTIZACIÓN

FECHA:	18/11/2020
COTIZACIÓN N°:	2020-005
TIPO DE FABRICACIÓN:	7 días laborales
VÁLIDO HASTA:	25/11/2020

CLIENTE

Nombre: Jairo Velazquez
E-mail: velazquezmarco@pucepu.pe
Dirección:
Ciudad: Lima
Teléfono:

Descuento por volumen

10% de descuento para 7+ del mismo artículo
25% de descuento para 10+ del mismo artículo
50% de descuento para 50+ del mismo artículo

	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES	CANT.	PRECIO UNITARIO	DESCUENTO POR VOLUMEN	PRECIO
1	sopORTE1der.stl 180.0x80.0x17.0 mm	Impresión 3D PETG (FD+I) Color: Sin preferencia de color 15% relleno 0.3mm altura de capa	2	\$/51.40	0%	\$/102.80
2	sopORTE1izq.stl 180.0x80.0x17.0 mm	Impresión 3D PETG (FD+I) Color: Sin preferencia de color 15% relleno 0.3mm altura de capa	2	\$/51.40	0%	\$/102.80
3	sopORTE2.stl 60.0x122.1x141.4 mm	Impresión 3D PETG (FD+I) Color: Sin preferencia de color 15% relleno 0.3mm altura de capa	4	\$/64.00	10%	\$/230.40
4	sopORTE3.stl 270.0x180.0x72.0 mm	Impresión 3D PETG (FD+I) Color: Sin preferencia de color 15% relleno 0.3mm altura de capa	1	\$/101.40	0%	\$/101.40
Envío		Recepción local				\$/0.00

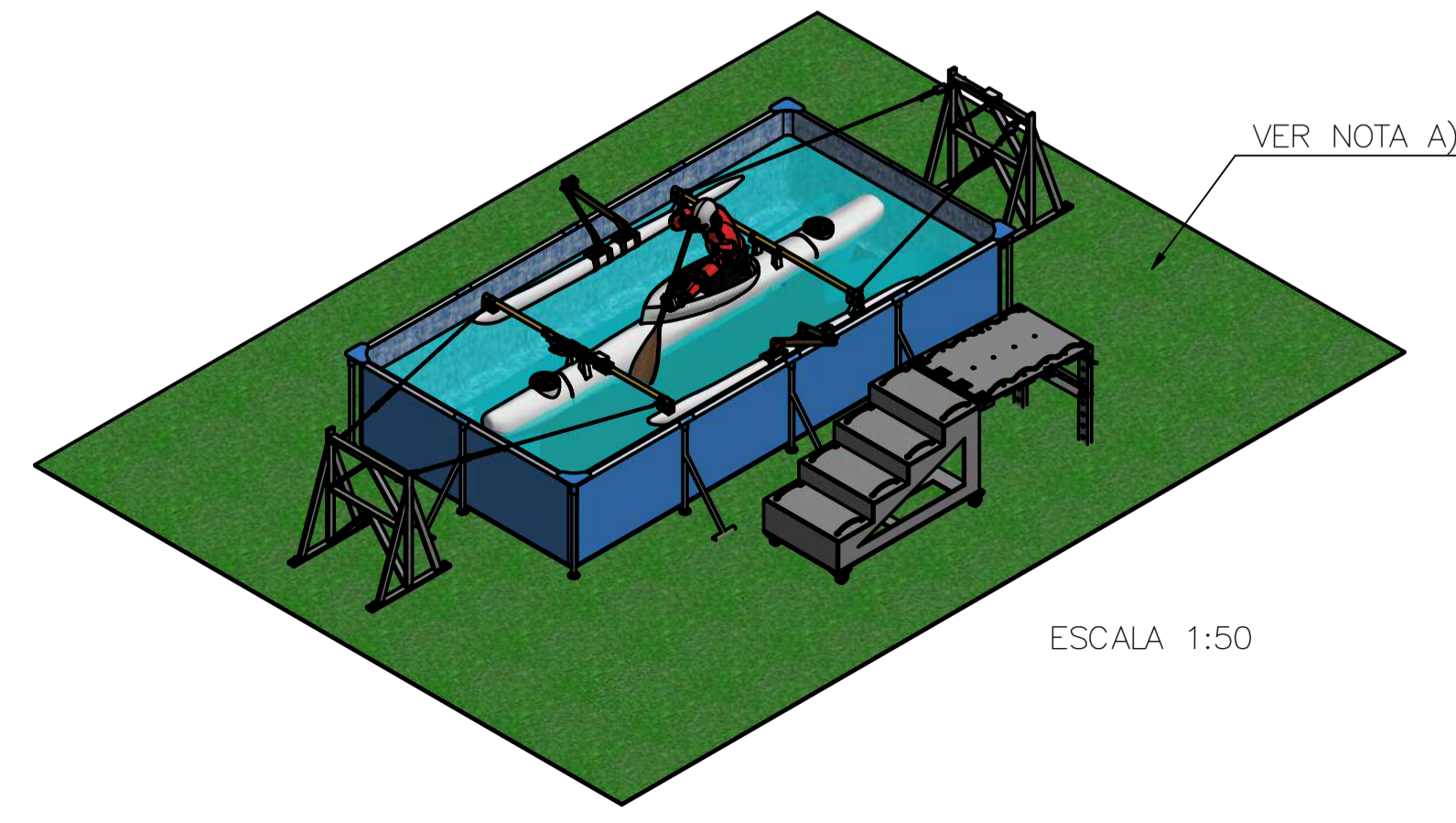
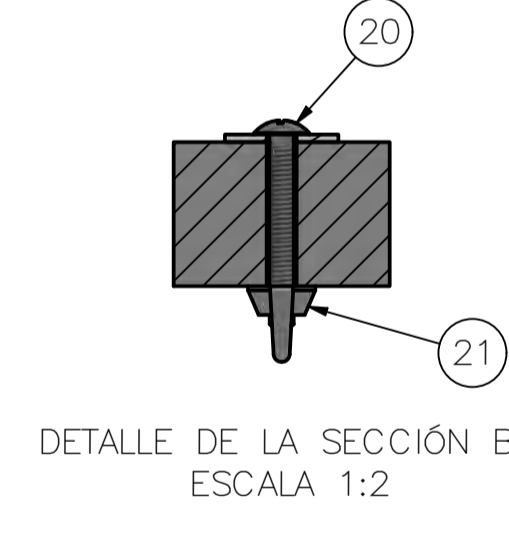
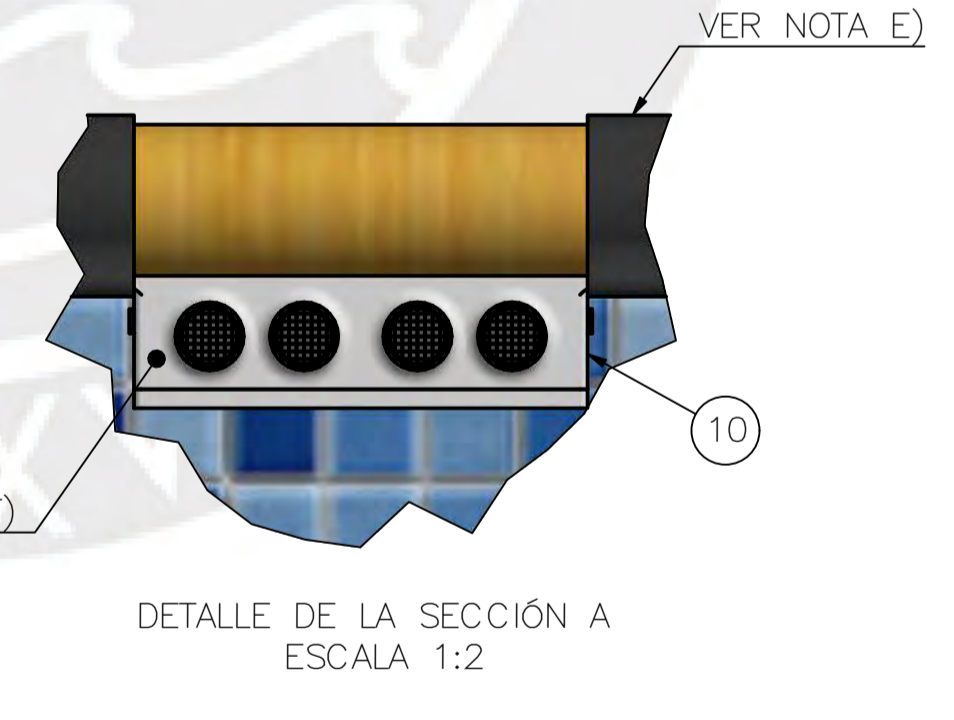
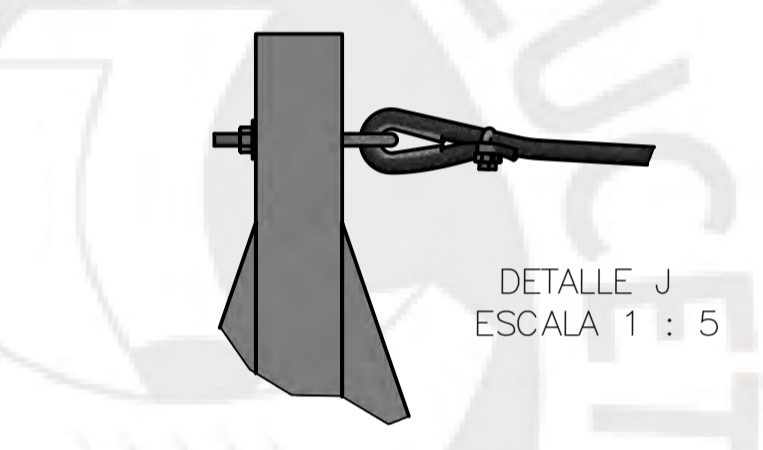
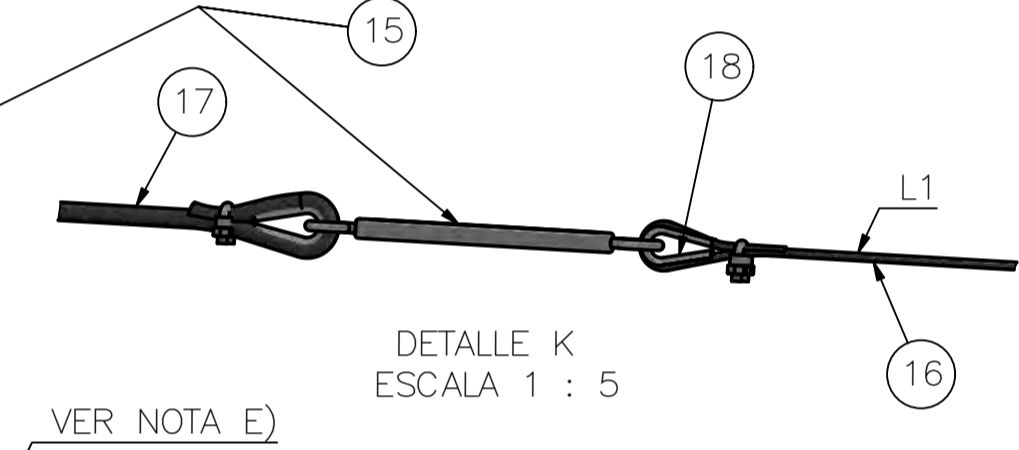
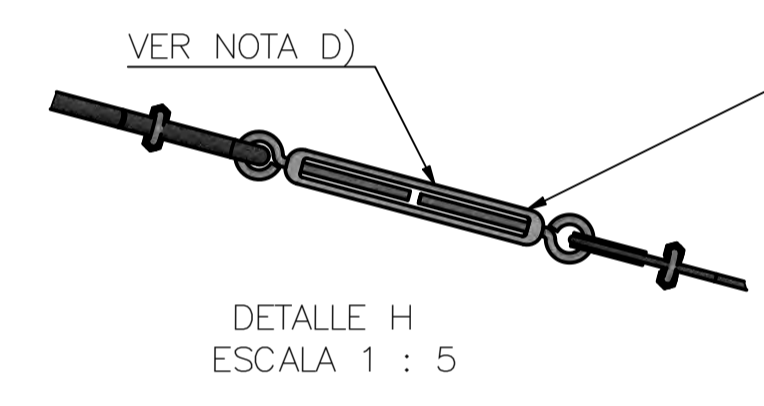
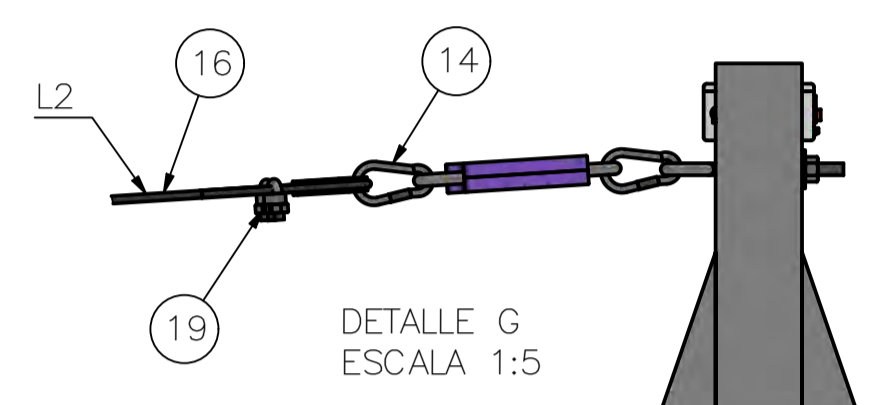
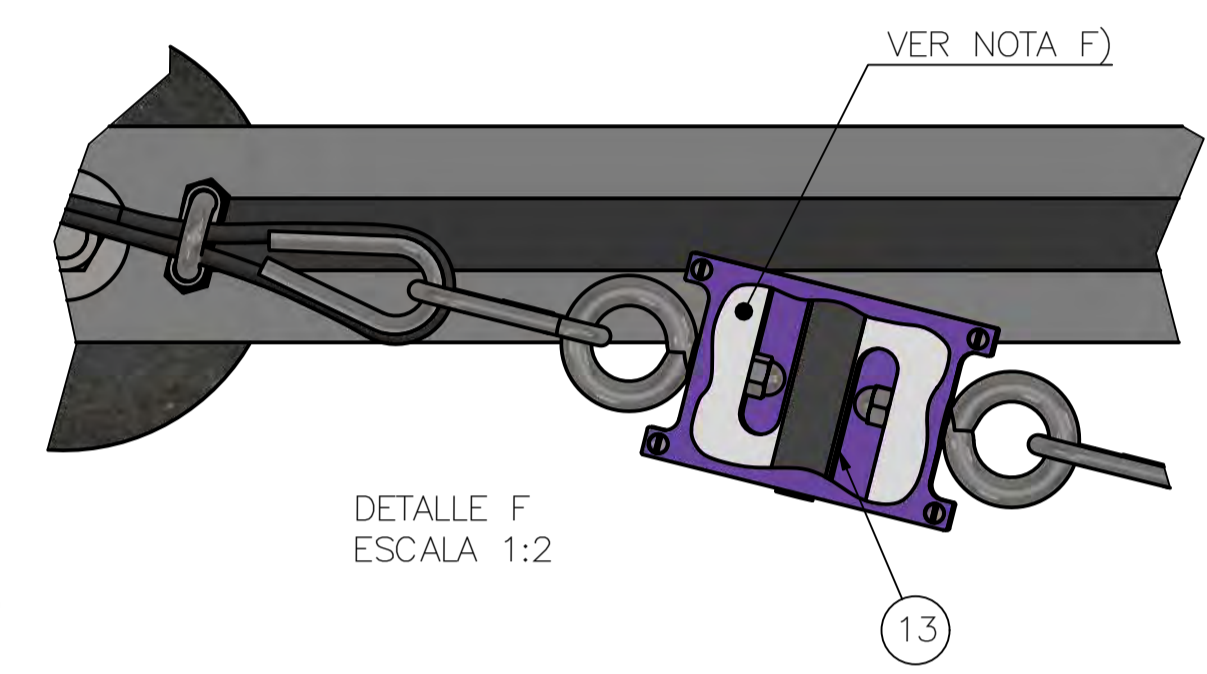
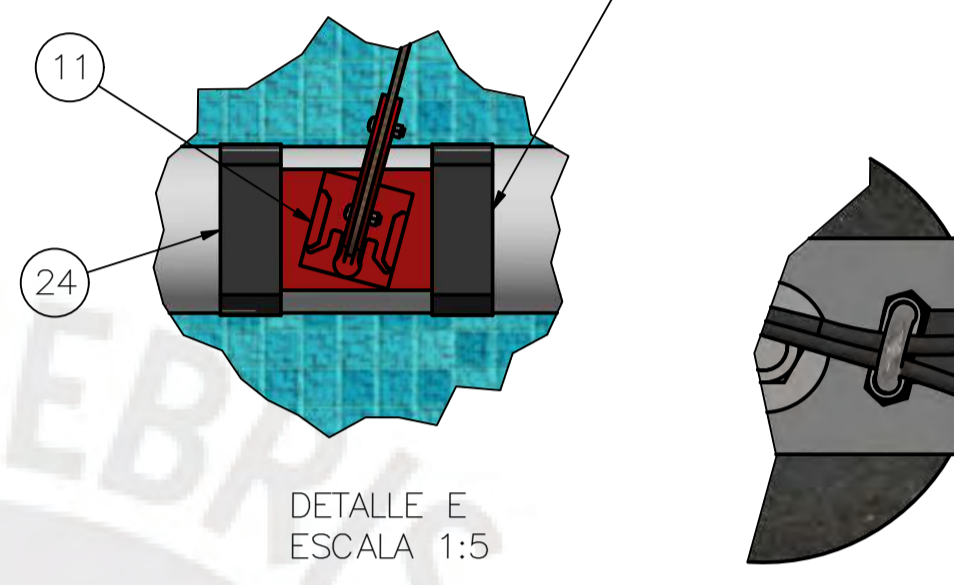
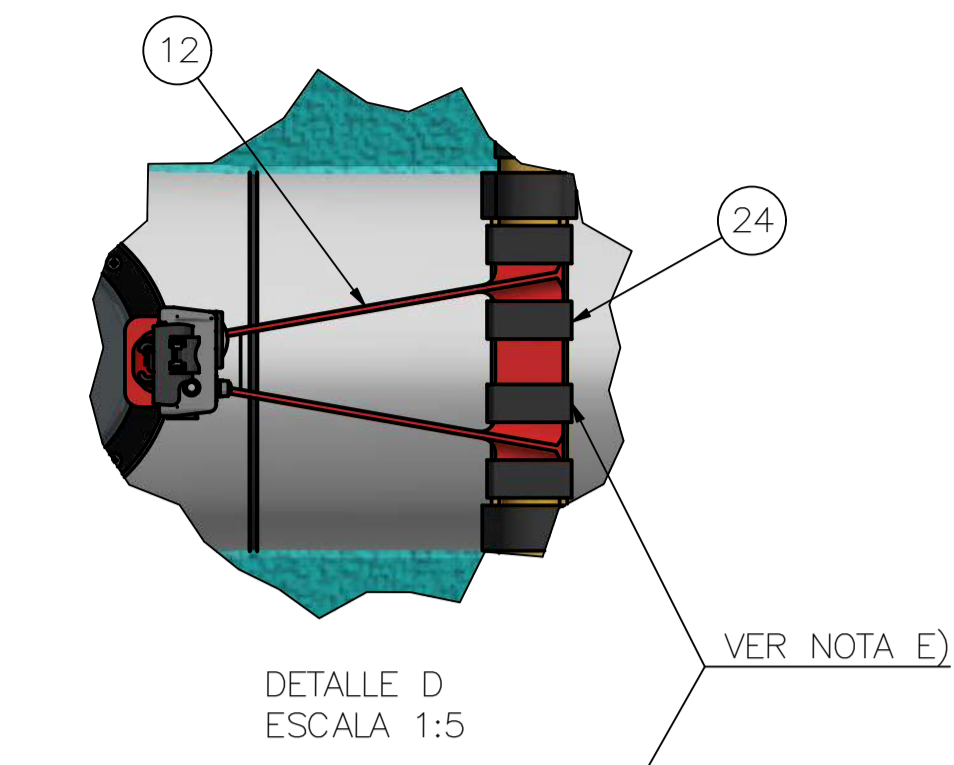
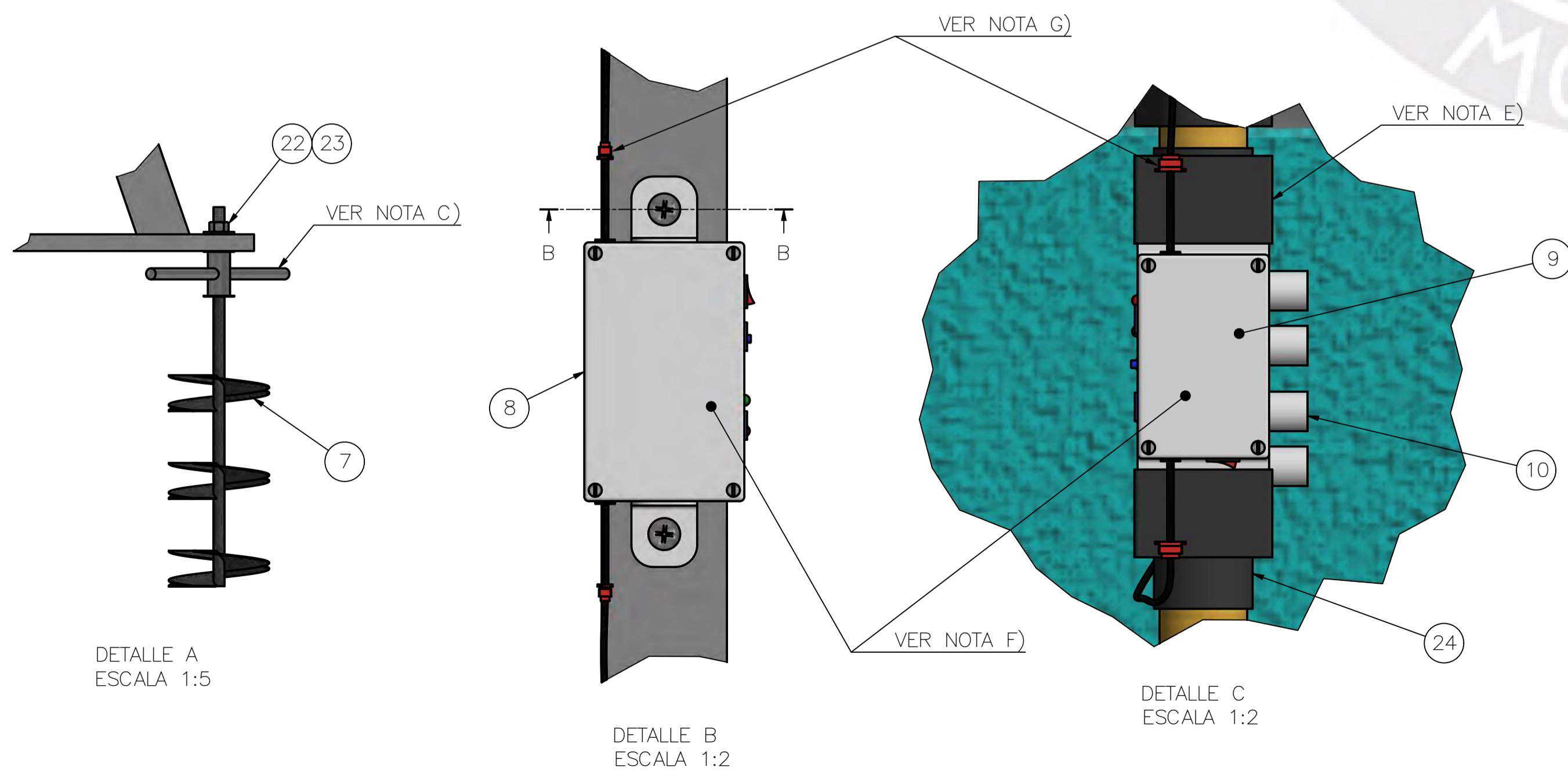
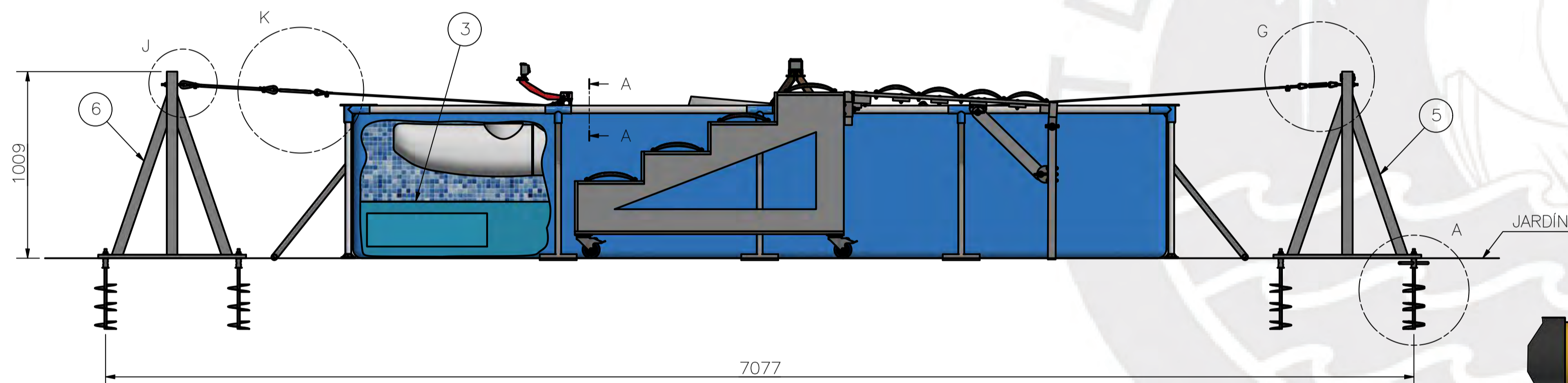
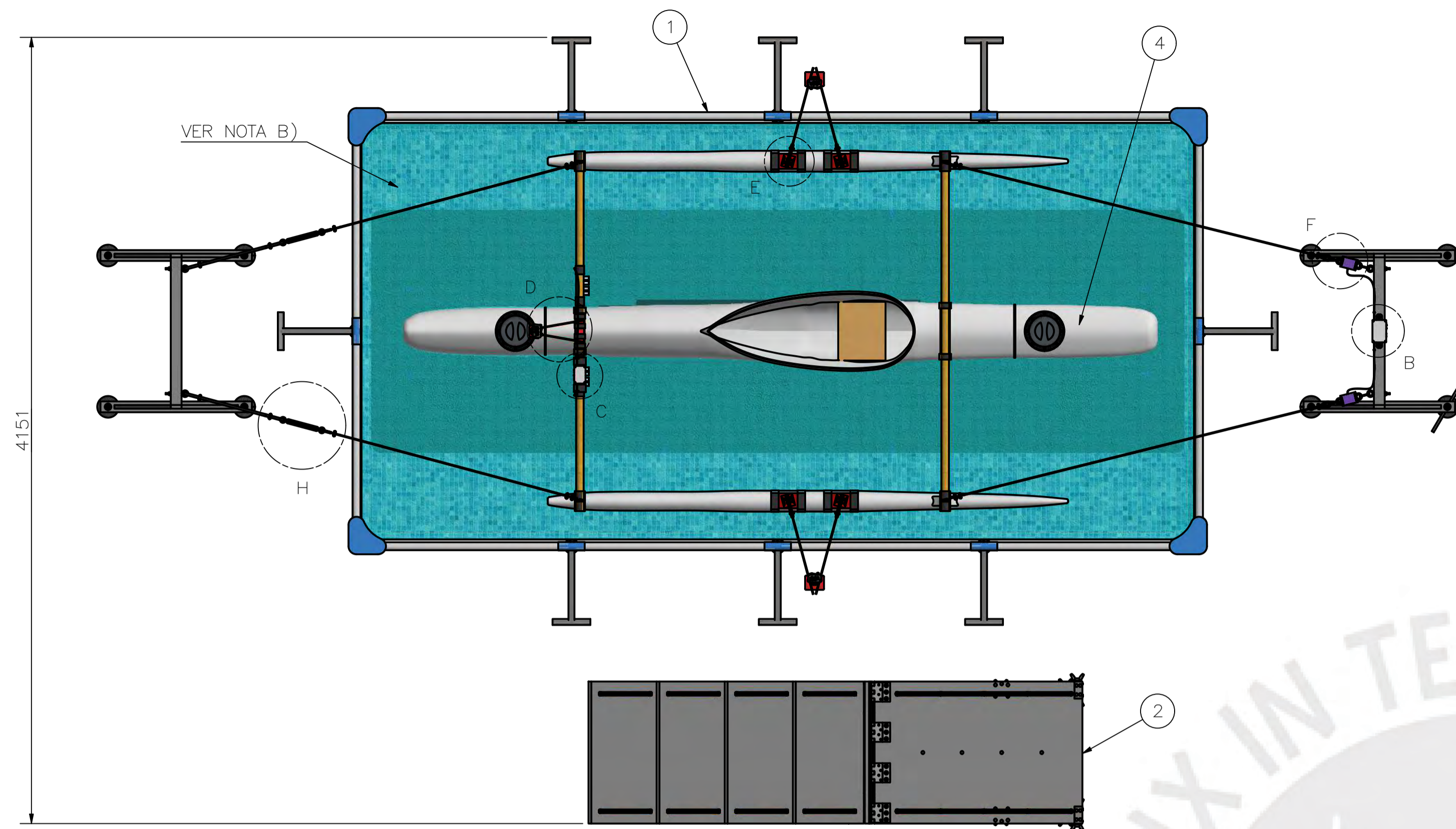
Subtotal	\$/537.40
IGV (18%)	\$/96.73
Total	PEN \$/634.13

TÉRMINOS Y CONDICIONES

- Forma de pago**
Efectivo, tarjeta, depósito o transferencia bancaria
50% adelantado y 50% contraentrega
- Depósito o transferencia bancaria**
Scotiabank
Cuenta Ahorro Soles: 018-0508343
C.CI: 009-013-00180308343-09
Titular: Nelson Sanchez
Banca de Crédito del Perú
Cuenta Ahorro Soles: 193-93691062-0-34
C.CI: 002-19319369106203417
Titular: Nelson Sanchez
- Comenzaremos la fabricación el mismo día en que se realiza el pedido, de lunes a viernes antes de las 3 p.m. Si el pedido se realiza después de las 3 p.m., o durante un fin de semana, la fabricación comenzará el siguiente día laboral.
- Al enviar un pago se considera un pedido como realizado y que el cliente acepta las especificaciones de la cotización (NP2020-005)

Si usted tiene alguna duda sobre esta cotización, por favor, póngase en contacto con nosotros:
Lagom 3D Solutions | WhatsApp: +51 999 029 132 | E-mail: soporte@lagom3d.com





- A) SE RECOMIENDA INSTALAR EL SIMULADOR EN UN ESPACIO ABIERTO DE UN ÁREA MÍNIMA DE 7x8 m.
- B) LLENAR LA PISCINA CON AGUA DULCE CON UN VOLUMEN APROXIMADO DE 5570L (NIVEL 580 mm).
- C) ROSCAR LOS ANCLAJES PARA JARDÍN CON AYUDA DE LA HERRAMIENTA (VARILLA) HASTA QUE SE INTRODUCAN EN LA TIERRA. SE RECOMIENDA HUMEDECER EL TERRENO PREVIAMENTE. LUEGO SE DEBE ESPERAR QUE EL TERRENO ESTE COMPLETAMENTE SECO.
- D) LA PRETENSIÓN DE LAS LIGAS ES A CRITERIO DEL USUARIO. SE RECOMIENDA UNA PRETENSIÓN QUE MARQUE APROXIMADAMENTE 150 N (15 Kg-f) EN EL SENSOR DE FUERZA. LA PRETENSIÓN SE CONSIGUE AL ROSCAR LOS TENSORES EN LAS 2 CUERDAS.
- E) ATAR LAS BASES DE LOS SOPORTES DE LAS CÁMARA, CONSOLA PROXIMIDAD Y ENSAMBLE SENSOR PROXIMIDAD CON LIGAS PLANAS DE CAUCHO CON EL AMARRE TRADICIONAL DE CANOTAJE POLINÉSICO. UTILIZAR LA CANTIDAD NECESARIA DE LIGAS QUE PERMITA UNA CORRECTA SUJECCIÓN. TERMOSELLAR CON PLÁSTICO FILM LAS CONSOLAS ELECTRÓNICAS, EL ENSAMBLE DE LA CELDA DE CARGA Y LOS PUNTOS DE CONEXIÓN JST ANTES DE SU INSTALACIÓN. ESTO PARA PROTEGER LOS COMPONENTES CONTRA ACCIDENTES COMO CAÍDAS DENTRO DE LA PISCINA (SUMERGIMIENTO REPENTINO) O CHORROS DE AGUA. OBSERVACIÓN: NO CUBRIR LAS REJILLAS DE LA CONSOLA DE PROXIMIDAD (SE INTERFIERE CON LA LECTURA DEL SENSOR).
- F) REALIZAR LA CONEXIÓN CON LOS CABLES JST HEMBRA DE LAS CELDAS DE CARGA TIPO S CON LOS CABLES JST MACHO DE LA CONSOLA ELECTRÓNICA DE FUERZA. REALIZAR EL MISMO PROCEDIMIENTO CON LOS SENSORES DE PROXIMIDAD Y LA CONSOLA ELECTRÓNICA.

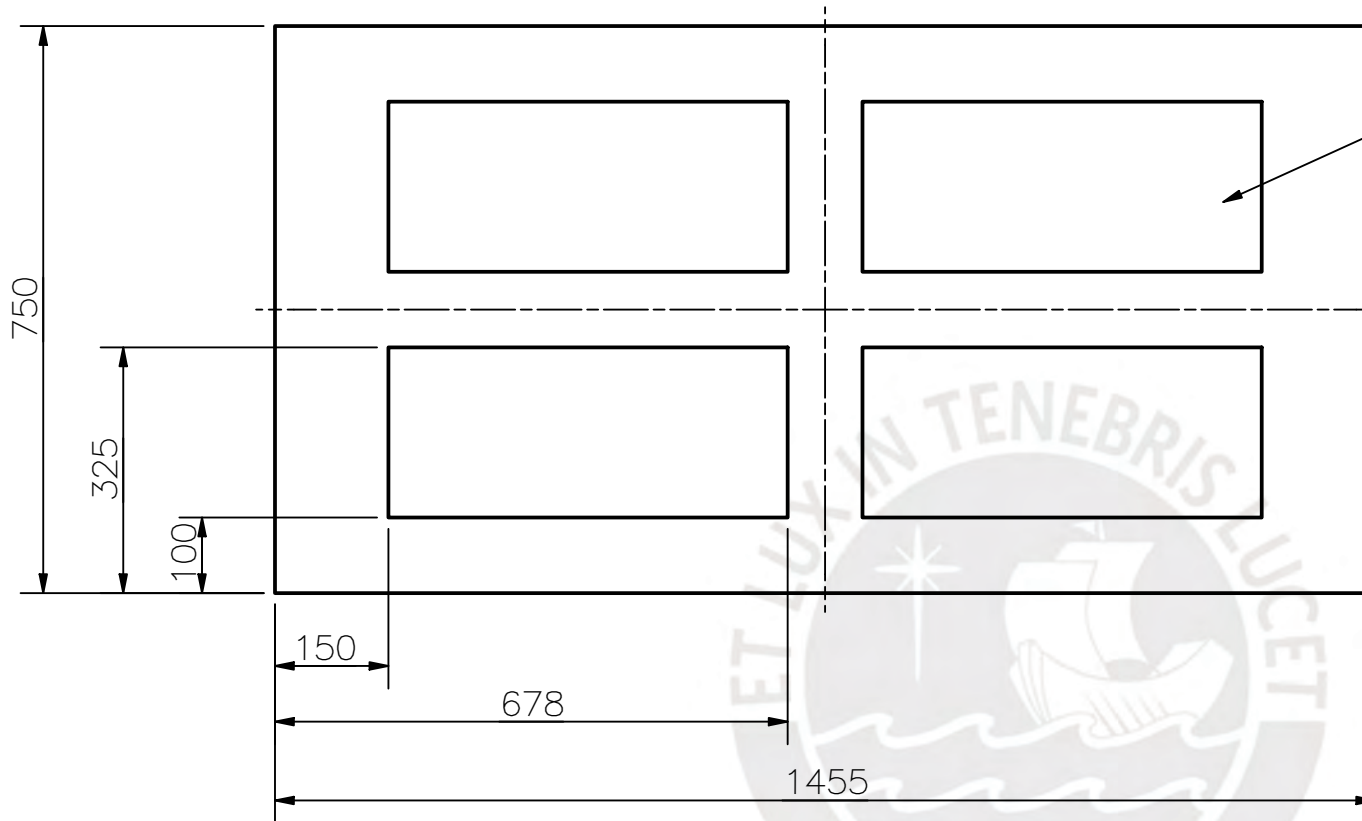
VER NOTA E)

LISTA DE PARTES					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
24	8	LIGAS DE CAUCHO		CAUCHO	
23	8	ARANDELA PLANA 1/2"	ANSI B18.22.1	AISI 304	
22	8	TUERCA 1/2"	ANSI B18.2.2	AISI 304	
21	2	TUERCA MARIPOSA 1/4"	ANSI B18.17	AISI 304	
20	2	PERNO CABEZA REDONDA 1/4" x 2"	ANSI B18.6.3	AISI 304	
19	16	GRAPAS 1/4"		ACERO	
18	8	GUARDACABLES		ACERO	
17	2	CUERDAS ELÁSTICAS 12.5 x 780 mm	BS3F70	VARIOS	HEAVY DUTY SHOCK CORD
16	4	CABLES DE ACERO PLASTIFICADO 5 mm. L1 = 1720 mm Y L2= 2500 mm		VARIOS	CABLES PARA POLEA DE GIMNASIO
15	2	TENSORES DE 5/16"		ACERO NIQUELADO	
14	4	GANCHOS DE BOMBERO 7x70		ACERO ZINCADO	
13	2	ENSAMBLE CELDA DE CARGA			MV_E002_A3
12	1	SOPORTE CAMARA 2			MC_E002_A4
11	2	SOPORTE CAMARA 1			MC_E001_A3
10	2	ENSAMBLE SENSOR PROXIMIDAD			MP_E002_A3
9	1	CONSOLA PROXIMIDAD			MP_E001_A2
8	1	CONSOLA FUERZA			MV_E001_A2
7	8	ANCLAJE PARA JARDÍN			MV_E002_A3
6	1	CABALLETE SIN SENSOR			MV_E001_A1
5	1	CABALLETES CON SENSOR			MV_E001_A1
4	1	SISTEMA DE FLOTACIÓN			MF_E003_A0
3	1	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN			MR_E001_A2
2	1	SISTEMA DE ENTRADA Y SALIDA			MS_E005_A1
1	1	PISCINA ESTRUCTURAL			INTEX 450x220x84cm

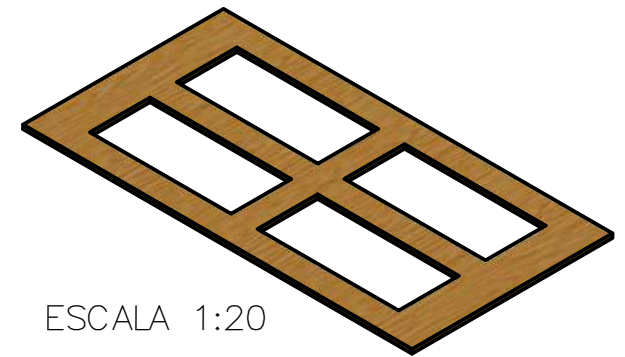
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA	1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA:	18-JUN-21
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR L.	LÁMINA:	MT_E001_A0

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



CORTAR 4 RECUADROS
SEGÚN SE INDICA



ESCALA 1:20

ESPESOR 15 mm

ACABADO SUPERFICIAL N12/ ▽	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL TRIPLAY FENÓLICO
----------------------------------	---	------------------------------

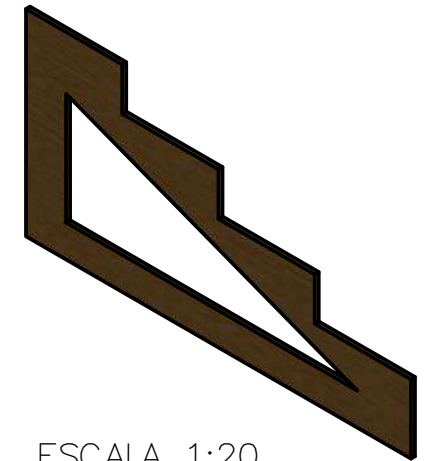
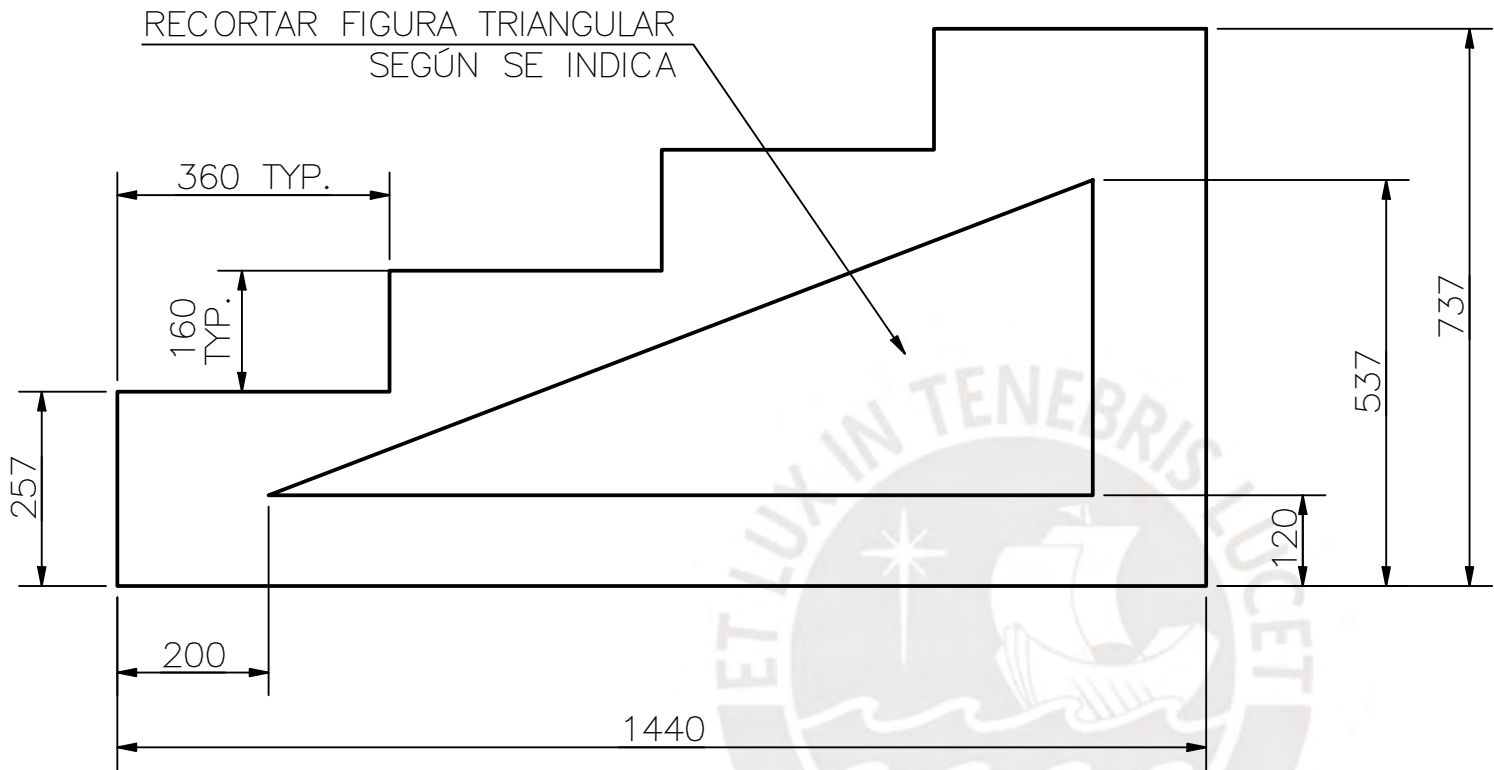
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:10
--------------------------	---	----------------

REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P001_A4

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)

DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	



ESCALA 1:20

ESPESOR 15 mm

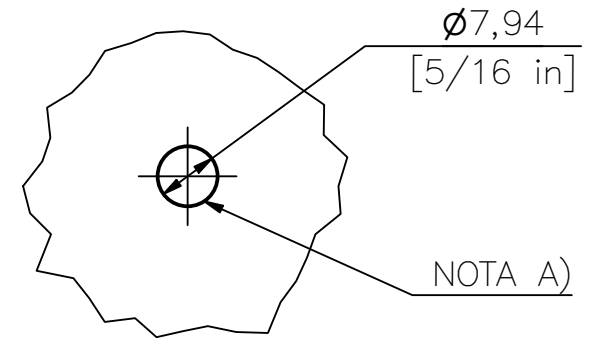
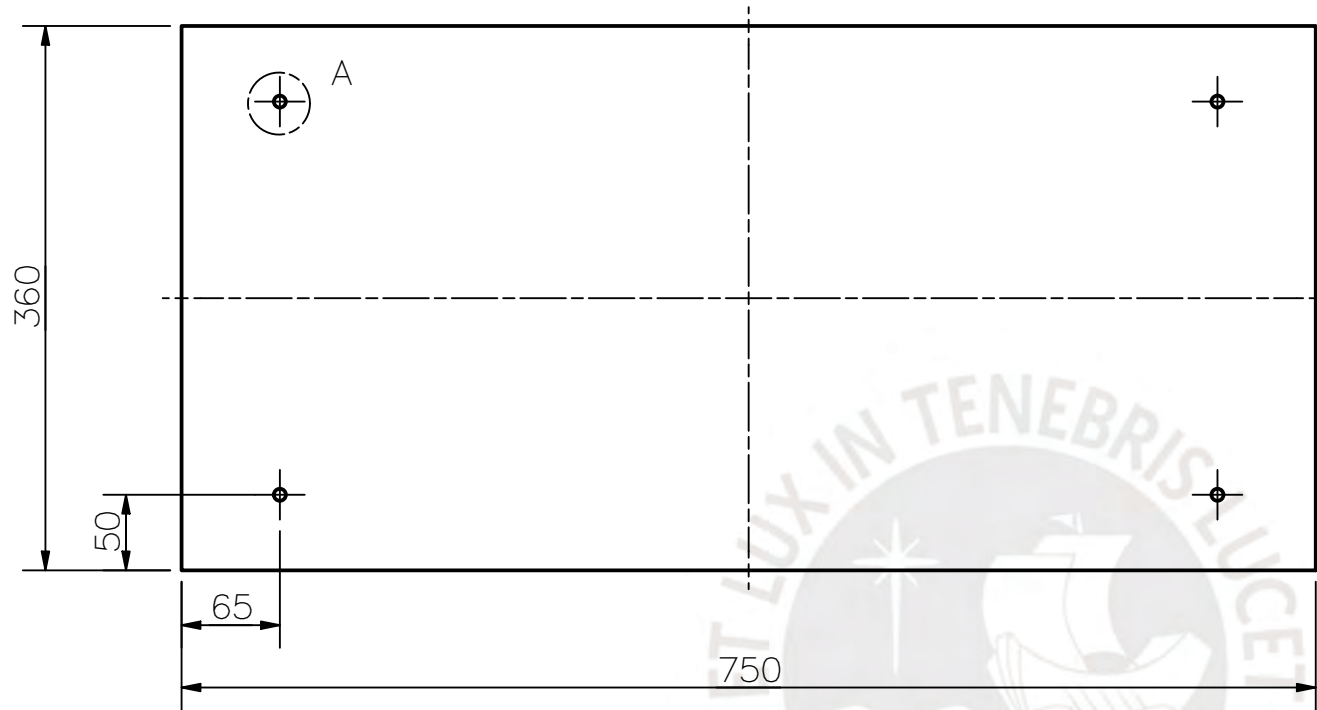
ACABADO SUPERFICIAL N12/▽	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL TRIPLAY FENÓLICO
------------------------------	---	------------------------------

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:10
--------------------------	---	----------------

REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P002_A4

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)		
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	



DETALLE A
ESCALA 1:1

A) (4) AGUJEROS PASANTES
SEGÚN SE INDICA

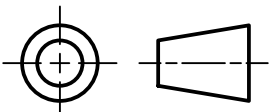
ESPESOR 15 mm



ESCALA 1:20

ACABADO SUPERFICIAL N12/ ▽	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL TRIPLAY FENÓLICO
----------------------------------	---	------------------------------

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

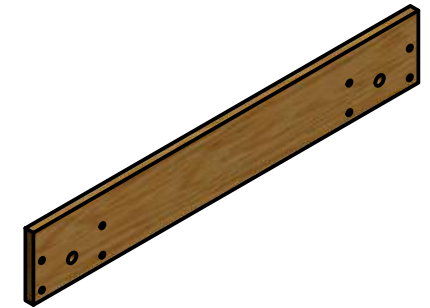
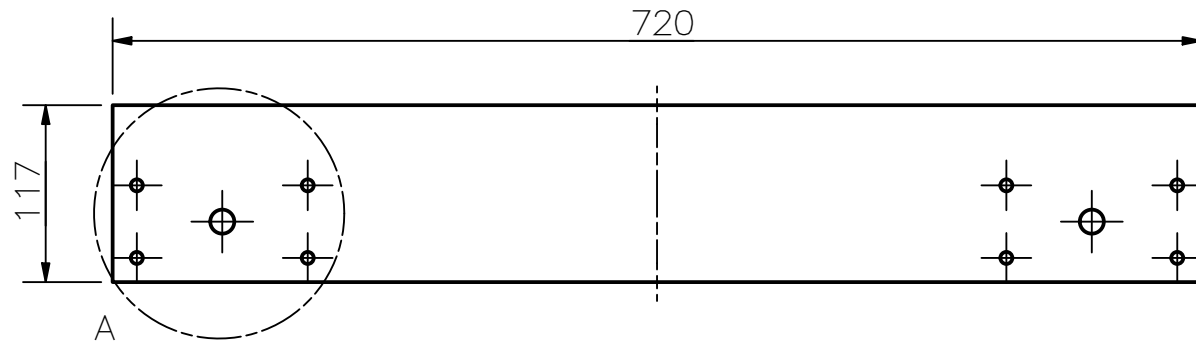
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:5
--	---	---------------

HUELLA

REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P003_A4

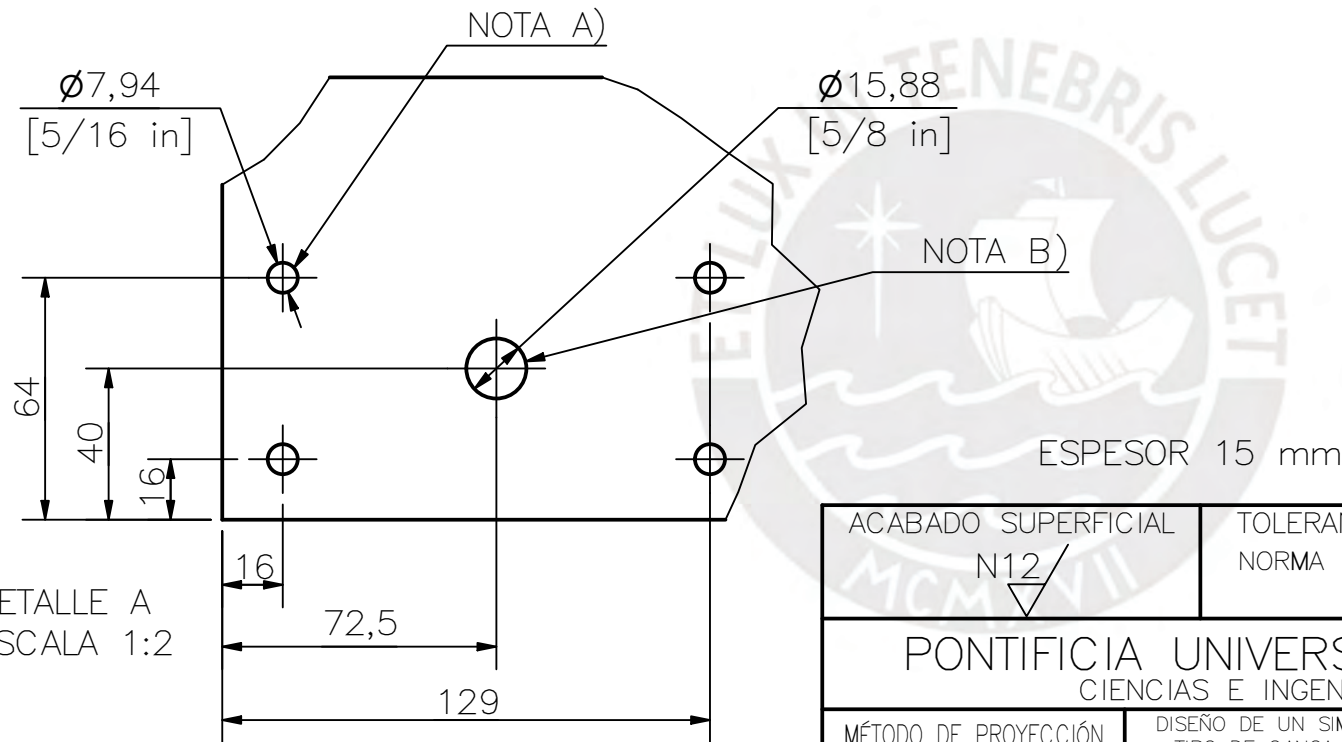
TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)

DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	



ESCALA 1:10

- A) (8) AGUJEROS PASANTES SEGÚN SE INDICA.
- B) (2) AGUJEROS PASANTES SEGÚN SE INDICA.



ACABADO SUPERFICIAL N12	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL TRIPLAY FENÓLICO
----------------------------	---	------------------------------

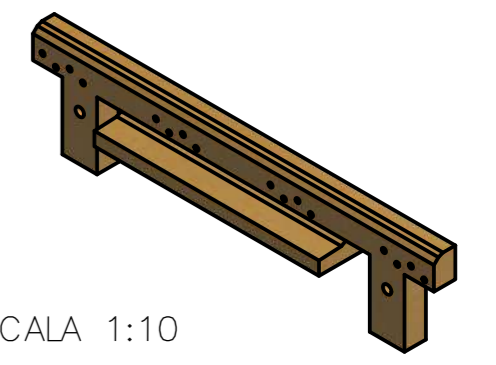
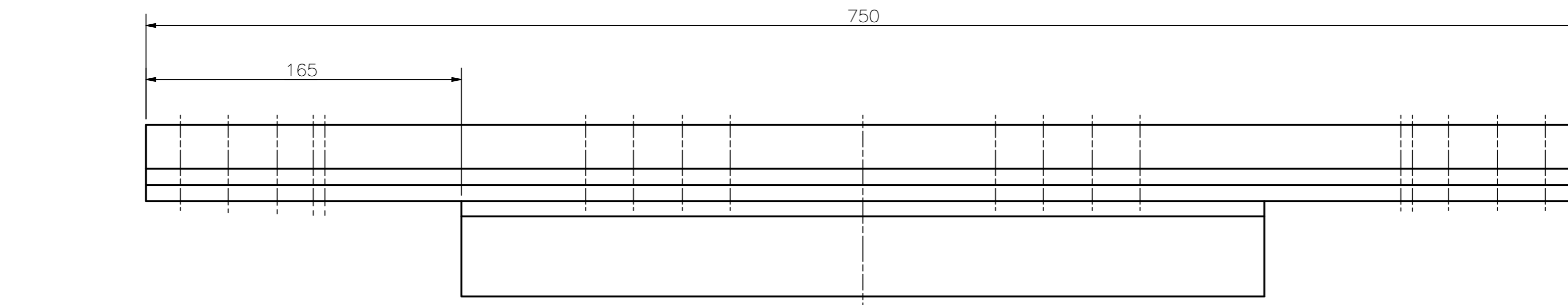
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR TABLA POSTERIOR HORIZONTAL	ESCALA 1:5
--------------------------	--	----------------------

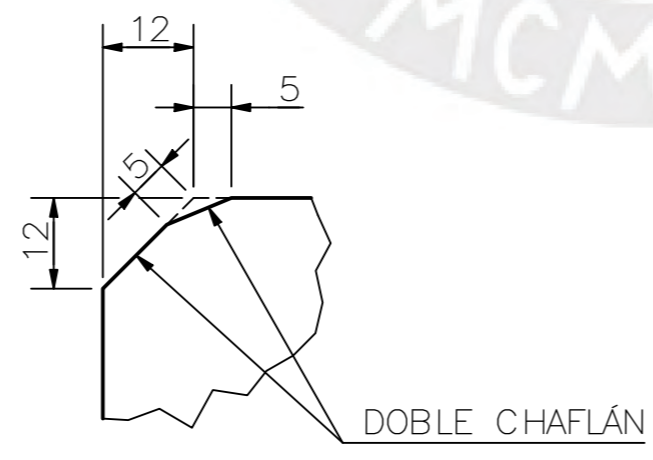
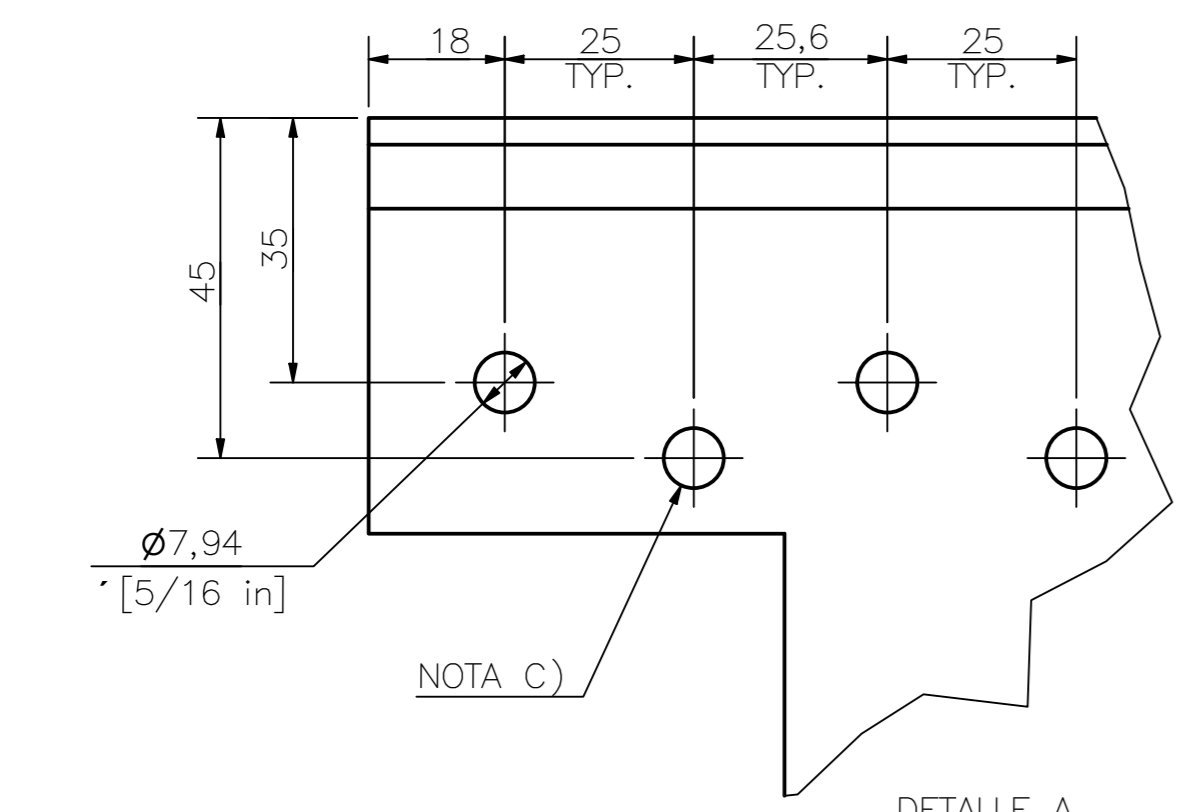
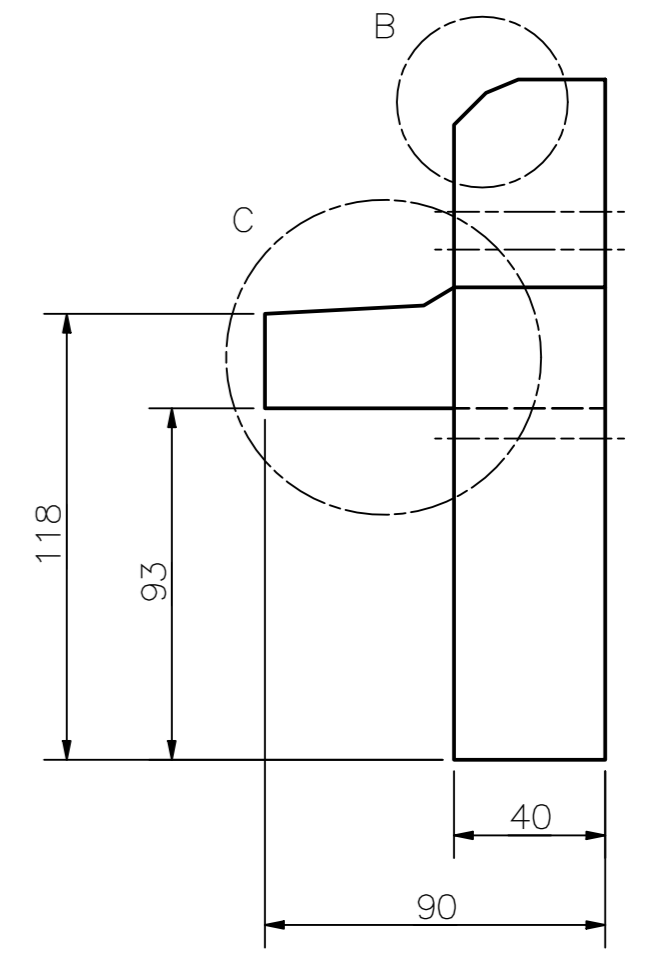
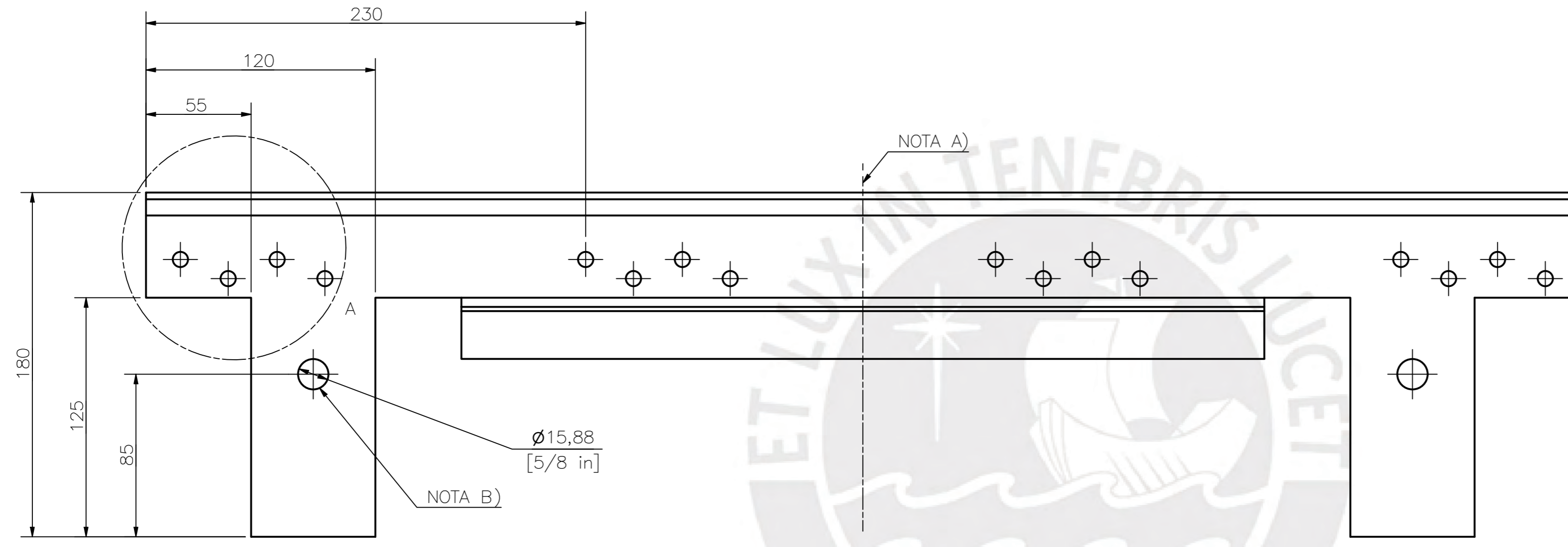
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P004_A4

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)

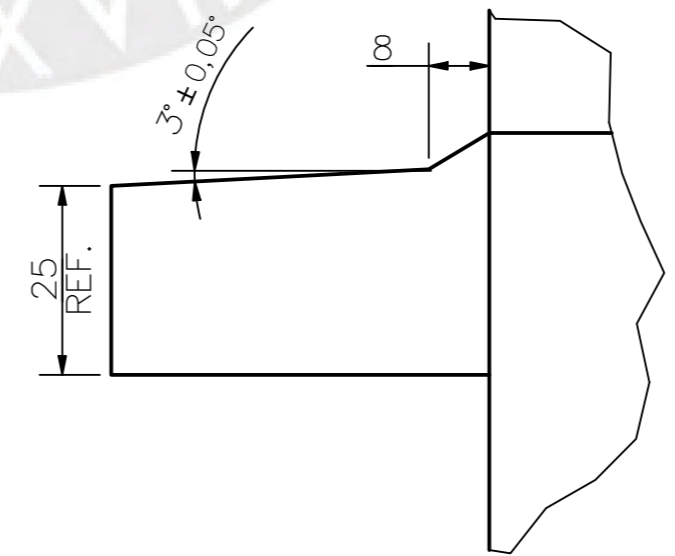
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	



ESCALA 1:10



DETALLE B
ESCALA 1 : 1



DETALLE C
ESCALA 1 : 1

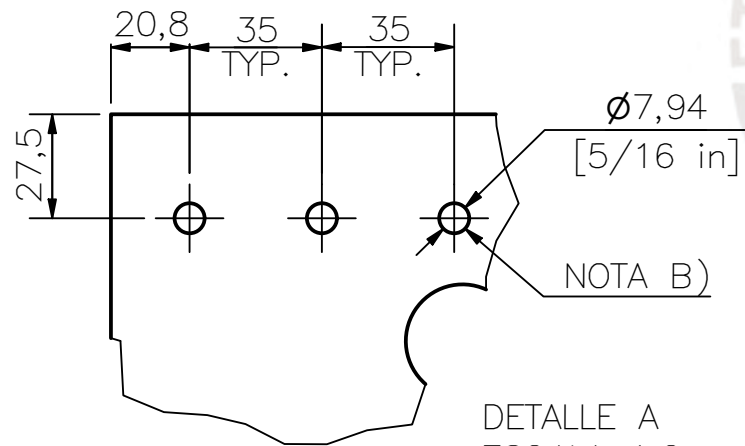
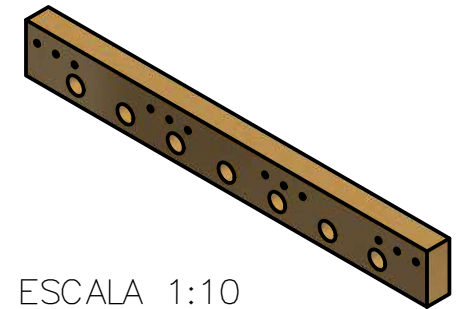
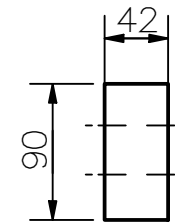
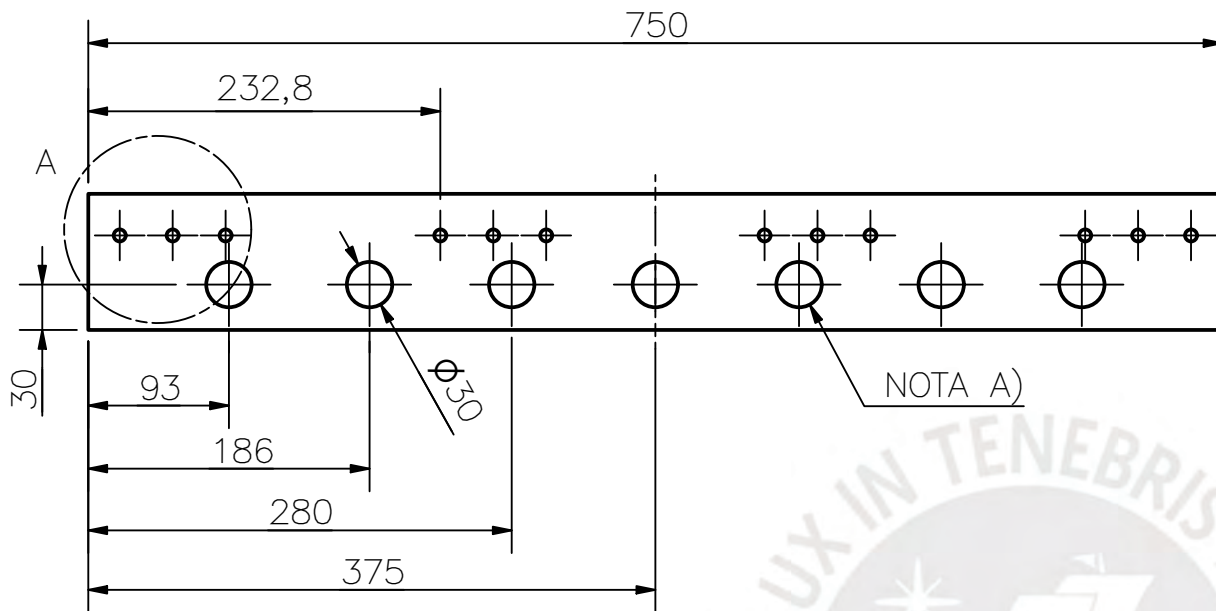
- A) PIEZA SIMÉTRICA A EXCEPCIÓN DE LOS AGUJEROS DEL DETALLE A.
- B) (2) AGUJEROS PASANTES SEGÚN SE INDICA.
- C) (16) AGUJEROS PASANTES SEGÚN SE INDICA.

PINTAR TODAS LAS SUPERFICIES CON PINTURA EPÓXICA. SE RECOMIENDA USAR PINTURA EPÓXICA ANYPSA "TITANIC". COLOR A CRITERIO DEL USUARIO. COLOR SUGERIDO (GRIS CLARO RAL-7035 K7)

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)		
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	

3.00	3.05	2.95
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

ACABADO SUPERFICIAL N12	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL MADERA PINO AMERICANO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOAJE POLINESICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:20
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 20145345
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_PO05_A2

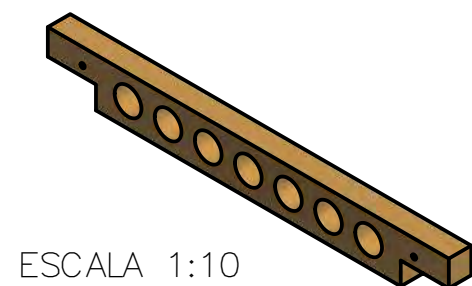
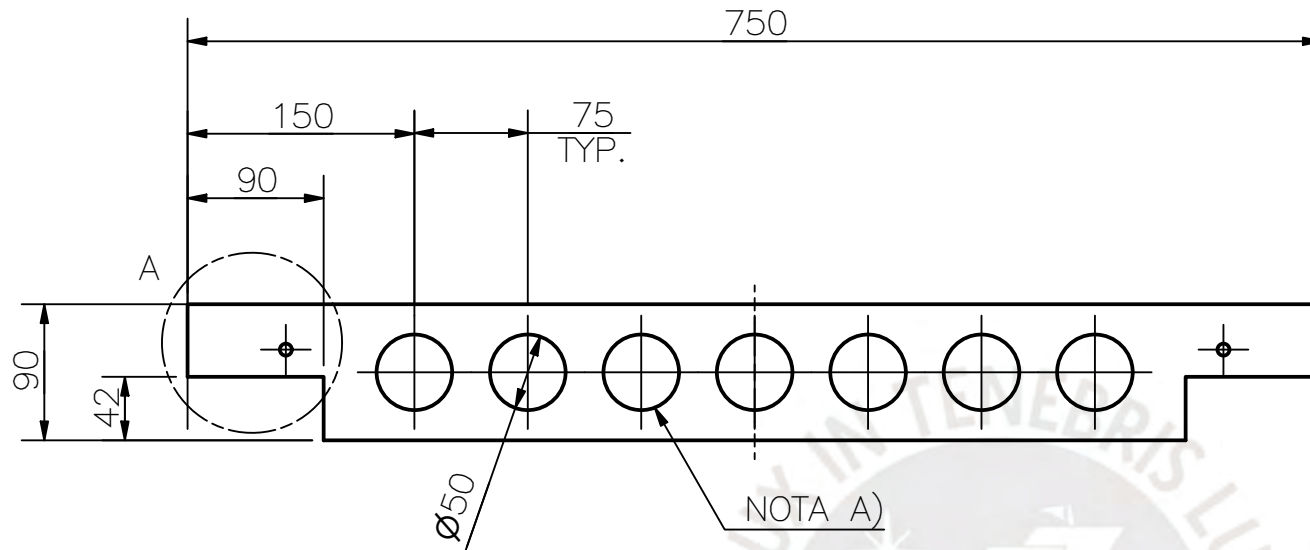


- A) (7) AGUJEROS PASANTES EN LAS POSICIONES INDICADAS.
- B) (12) AGUJEROS PASANTES EN LAS POSICIONES INDICADAS.

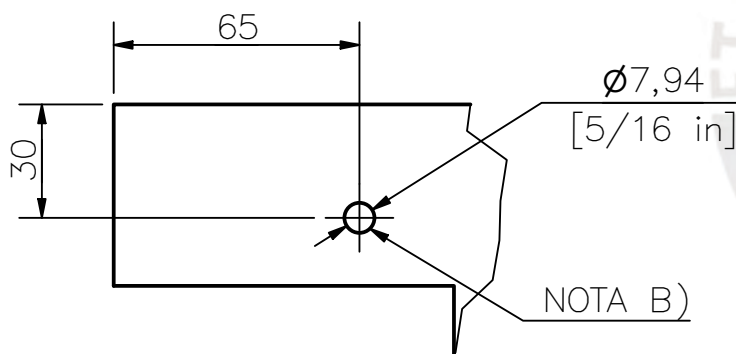
ACABADO SUPERFICIAL N12	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL MADERA PINO AMERICANO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA
	PIEZA 1 PUENTE	1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P007_A4

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)

DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	



ESCALA 1:10

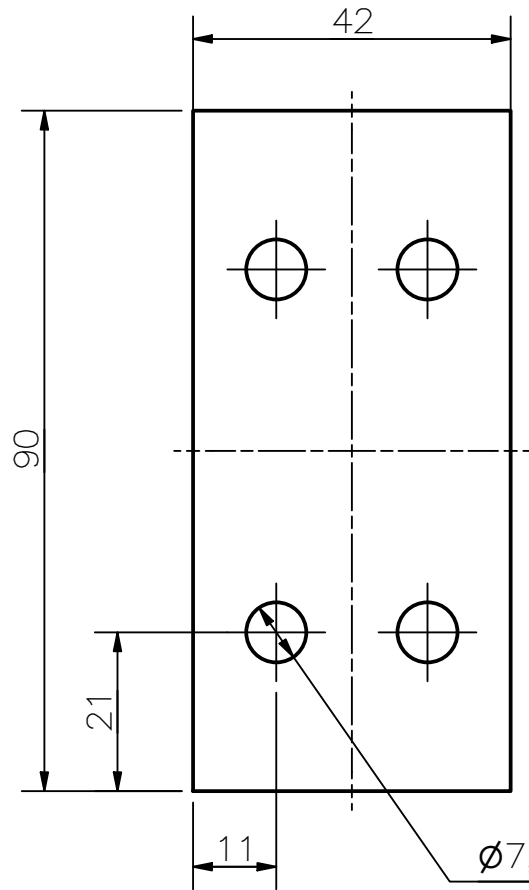


DETALLE A
ESCALA 1:2

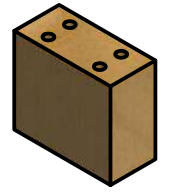
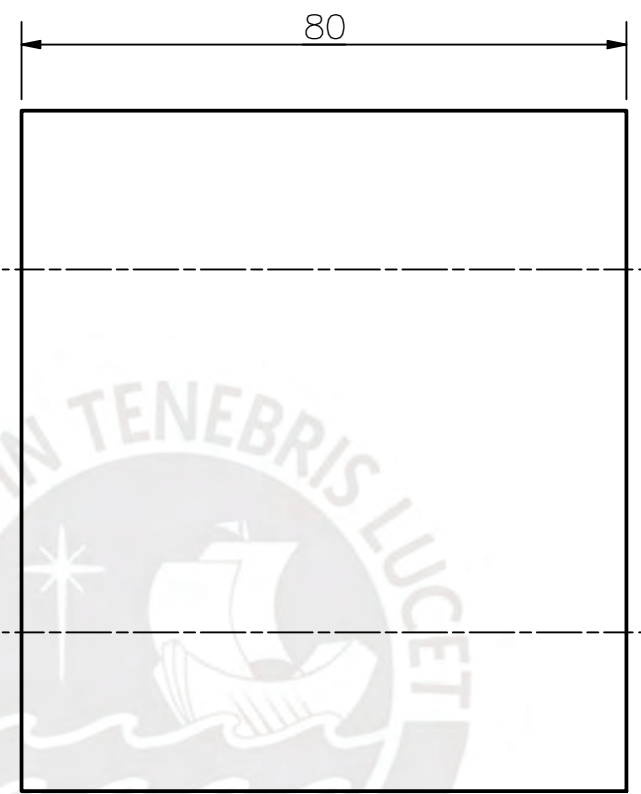
- A) (7) AGUJEROS PASANTES EN LAS POSICIONES INDICADAS.
- B) (2) AGUJEROS PASANTES EN LAS POSICIONES INDICADAS.

ACABADO SUPERFICIAL N12	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL MADERA PINO AMERICANO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P008_A4

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)		
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	



$\varnothing 7,94$ (4x)
[1/4 in]



ESCALA 1:5

TODOS LOS AGUJEROS SON PASANTES

ACABADO SUPERFICIAL N12	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL MADERA PINO AMERICANO
----------------------------	---	-----------------------------------

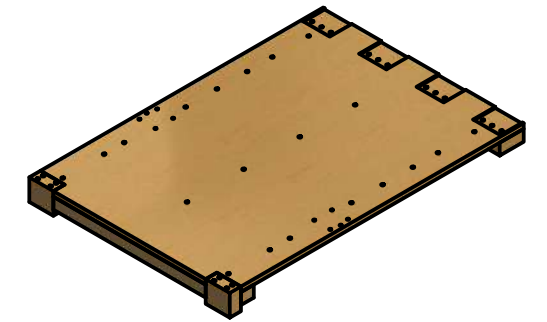
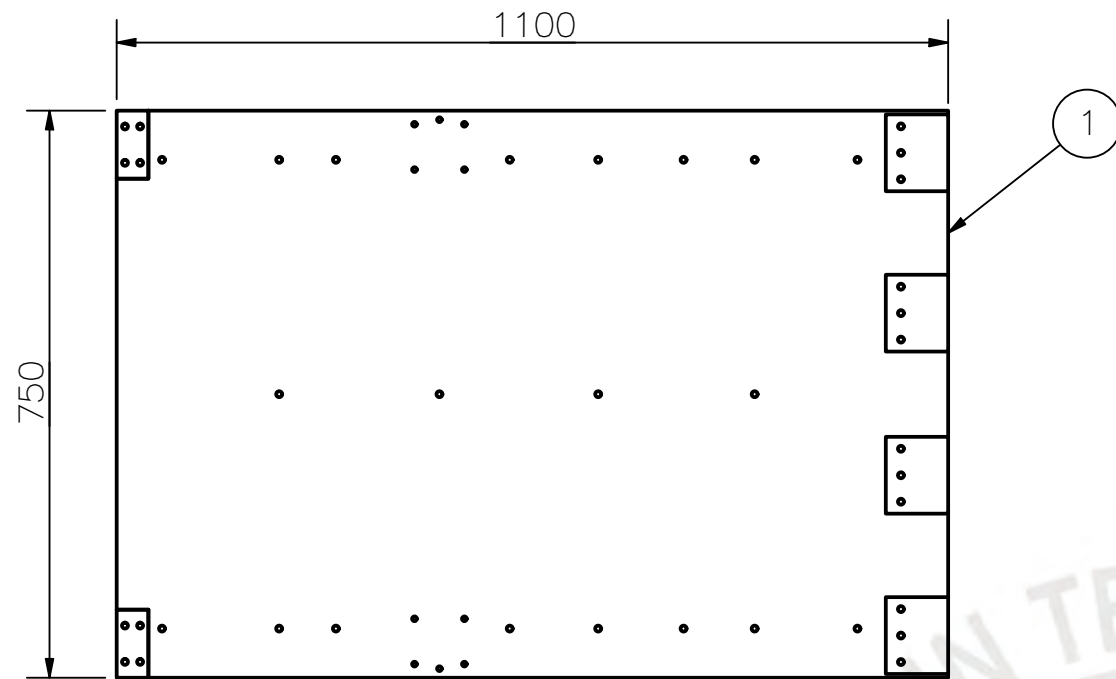
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:1
--------------------------	---	---------------

REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P009_A4

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)

DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	



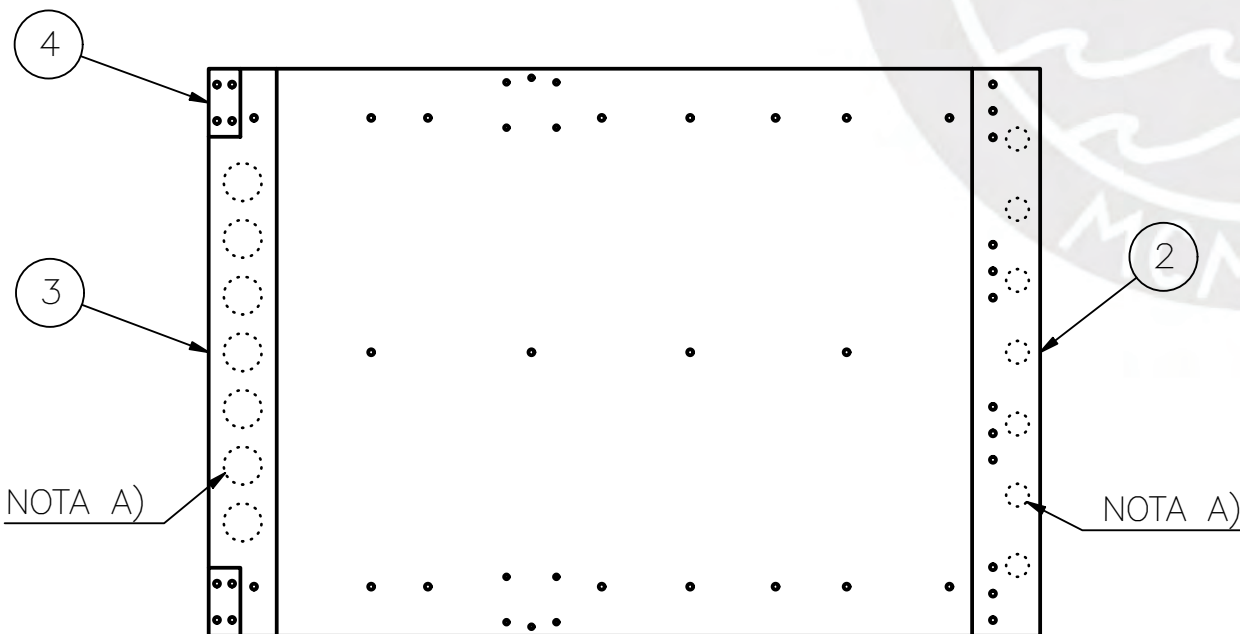
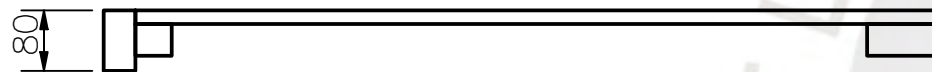
ESCALA 1:20

A) CUBRIR LOS AGUJEROS INDICADOS CON CAPAS DE FIBRA DE VIDRIO Y LIJAR.

PEGAR TODAS LAS SUPERFICIES EN CONTACTO CON COLA SINTÉTICA PARA MADERA. SE RECOMIENDA USAR COLA SINTÉTICA TEKNO "EXTRA".

ATORNILLAR CON MÍNIMO 4 TORNILLOS POR SECCIÓN DE CONTACTO. TORNILLOS AUTORROSCANTES PARA MADERA DE 6 x LONGITUD A CRITERIO DE FABRICANTE.

PINTAR TODAS LAS SUPERFICIES CON PINTURA EPÓXICA. SE RECOMIENDA USAR PINTURA EPÓXICA ANYPSA "TITANIC". COLOR A CRITERIO DEL USUARIO. COLOR SUGERIDO (GRIS CLARO RAL-7035 K7)



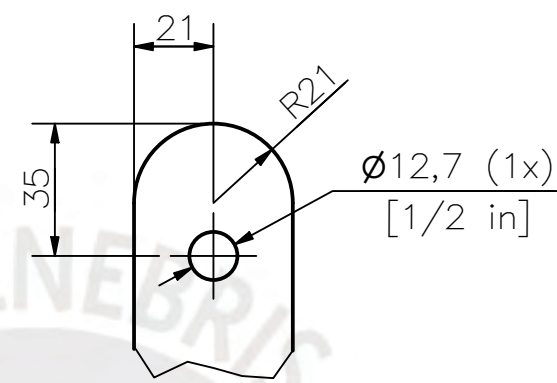
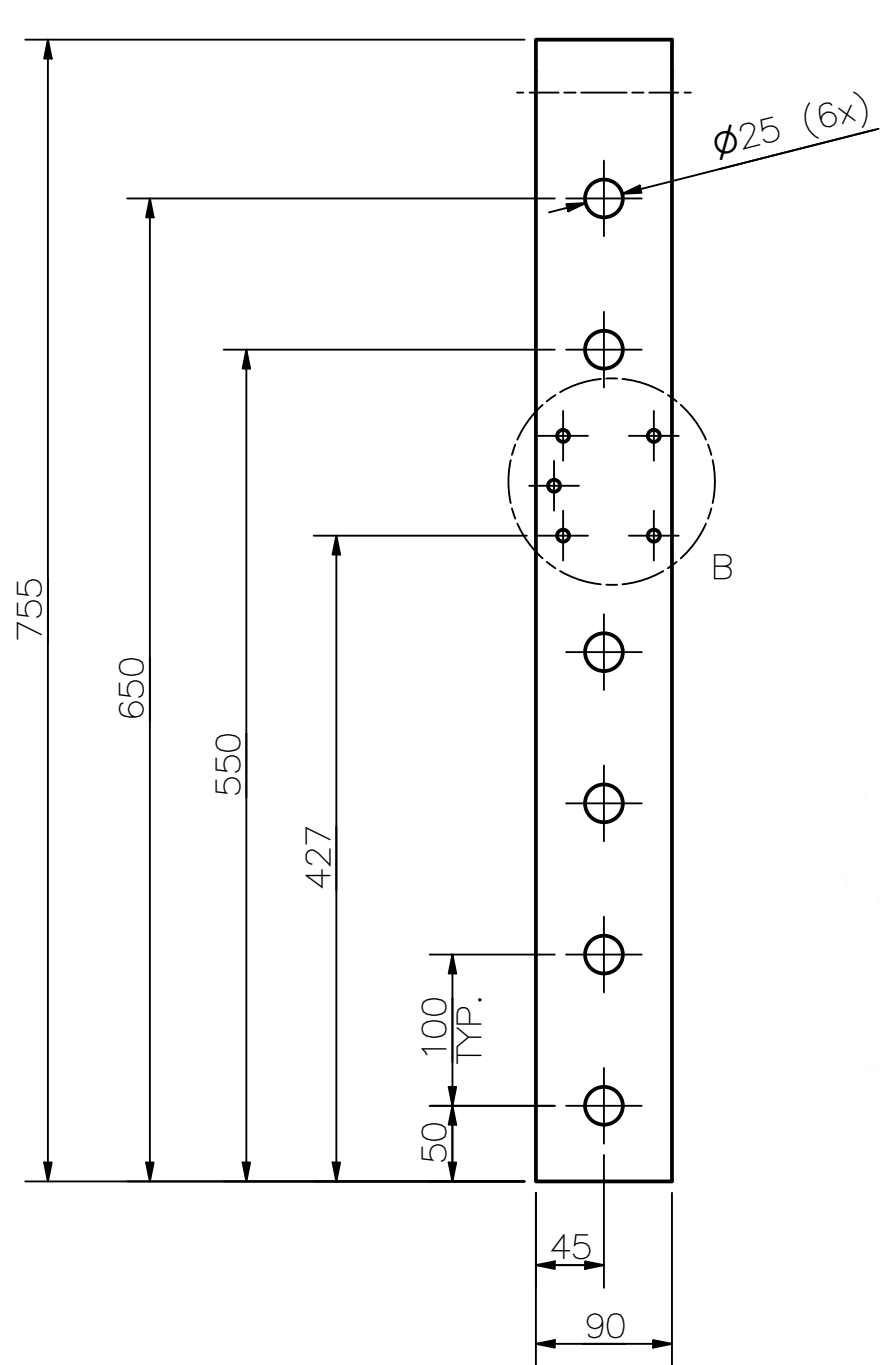
LISTA DE PARTES

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
4	2	PIEZA 3 PUENTE		PINO AMERICANO	VER MS_P009_A4
3	1	PIEZA 2 PUENTE		PINO AMERICANO	VER MS_P008_A4
2	1	PIEZA 1 PUENTE		PINO AMERICANO	VER MS_P007_A4
1	1	TABLÓN DEL PUENTE		PINO AMERICANO	VER MS_P006_A2

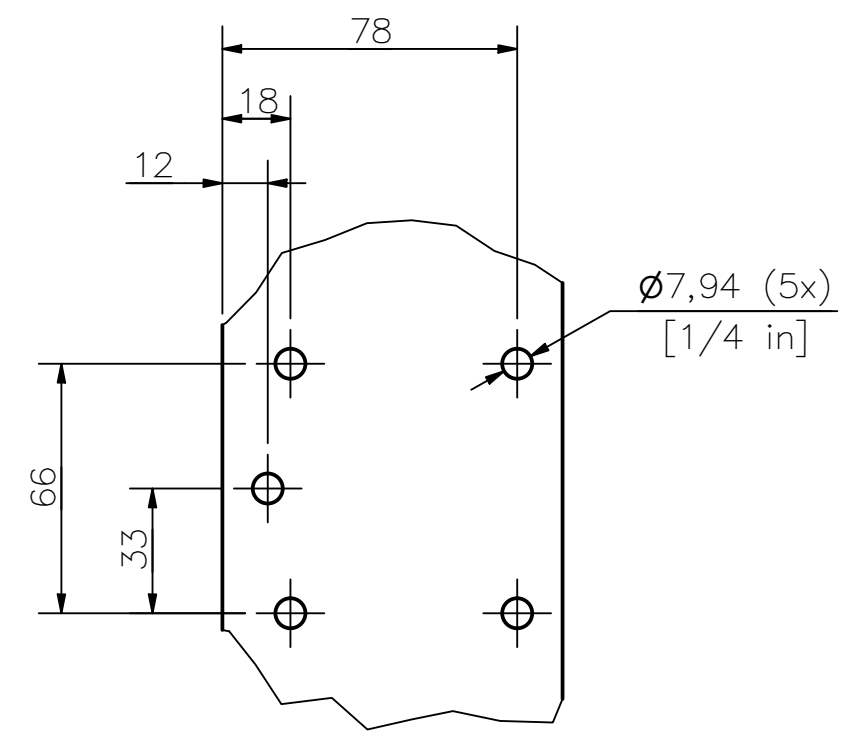
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA
	PUENTE	1:10
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_E001_A3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



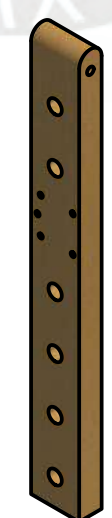
DETALLE A
ESCALA 1:2



DETALLE B
ESCALA 1:2

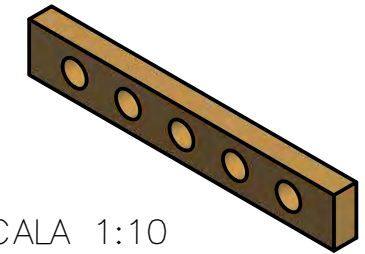
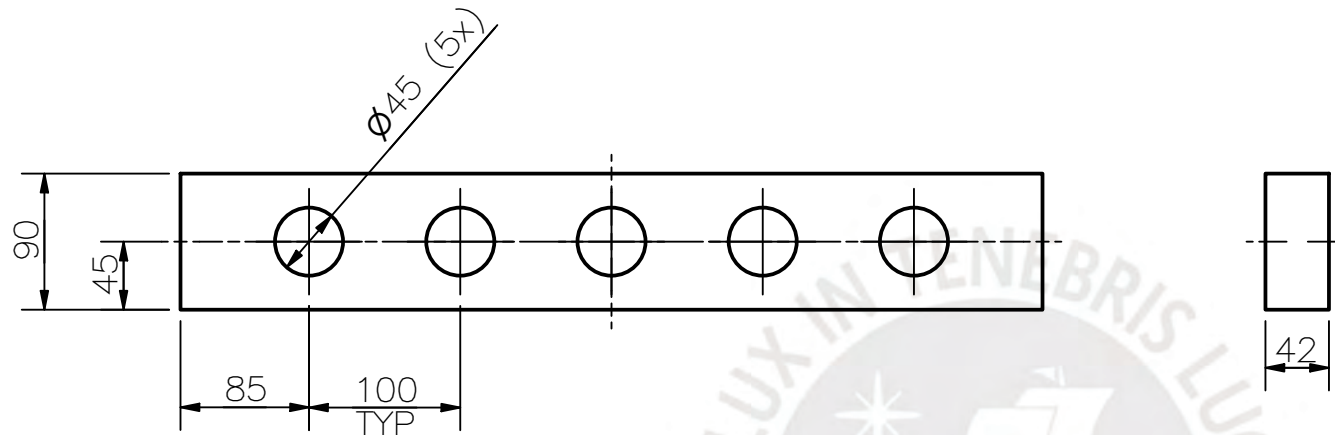
TODOS LOS AGUJEROS SON PASANTES

ESCALA 1:10



TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)		
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	

ACABADO SUPERFICIAL N12/	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL MADERA PINO AMERICANO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P010_A3



ESCALA 1:10

TODOS LOS AGUJEROS SON PASANTES

ACABADO SUPERFICIAL N12/	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL MADERA PINO AMERICANO
-----------------------------	---	-----------------------------------

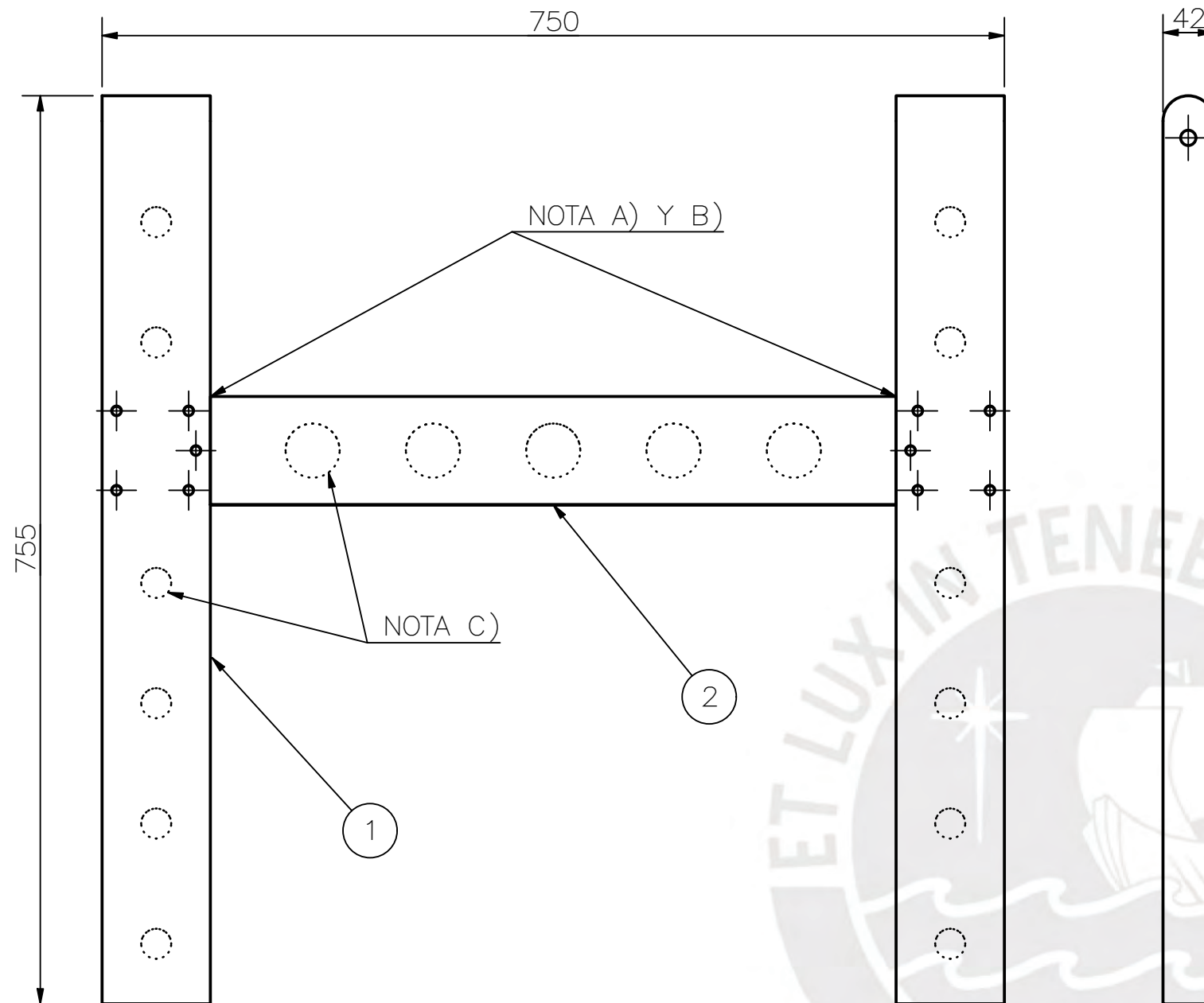
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:5
--------------------------	---	---------------

REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P011_A4

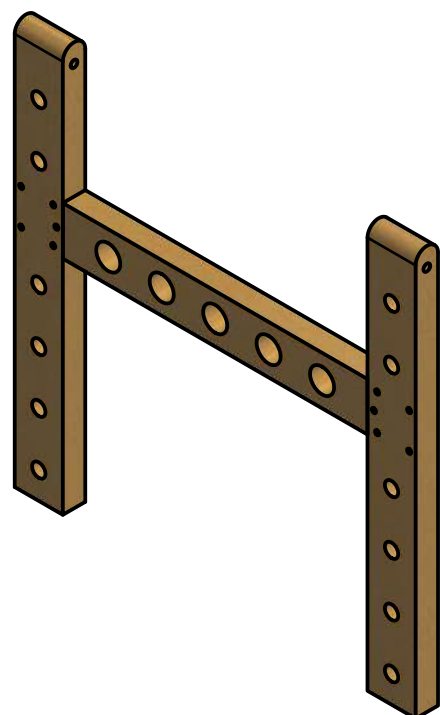
TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)

DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	



- A) PEGAR TODAS LAS SUPERFICIES EN CONTACTO CON COLA SINTÉTICA PARA MADERA. SE RECOMIENDA USAR COLA SINTÉTICA TEKNO "EXTRA".
- B) ATORNILLAR CON MÍNIMO 4 TORNILLOS POR SECCIÓN DE CONTACTO. TORNILLOS AUTORROSCANTES PARA MADERA DE 6 x LONGITUD A CRITERIO DE FABRICANTE.
- C) CUBRIR LOS AGUJEROS INDICADOS CON CAPAS DE FIBRA DE VIDRIO Y LIJAR.

PINTAR TODAS LAS SUPERFICIES CON PINTURA EPÓXICA. SE RECOMIENDA USAR PINTURA EPÓXICA ANYPSA "TITANIC". COLOR A CRITERIO DEL USUARIO. COLOR SUGERIDO (GRIS CLARO RAL-7035 K7)



ESCALA 1:10

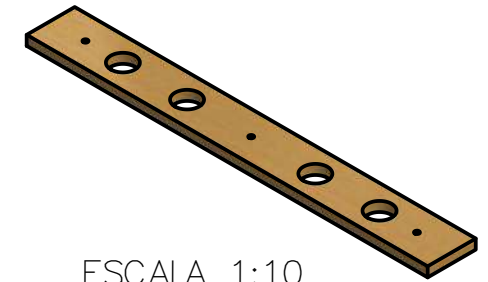
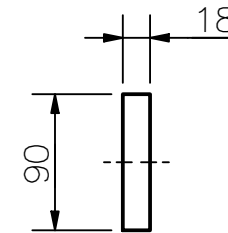
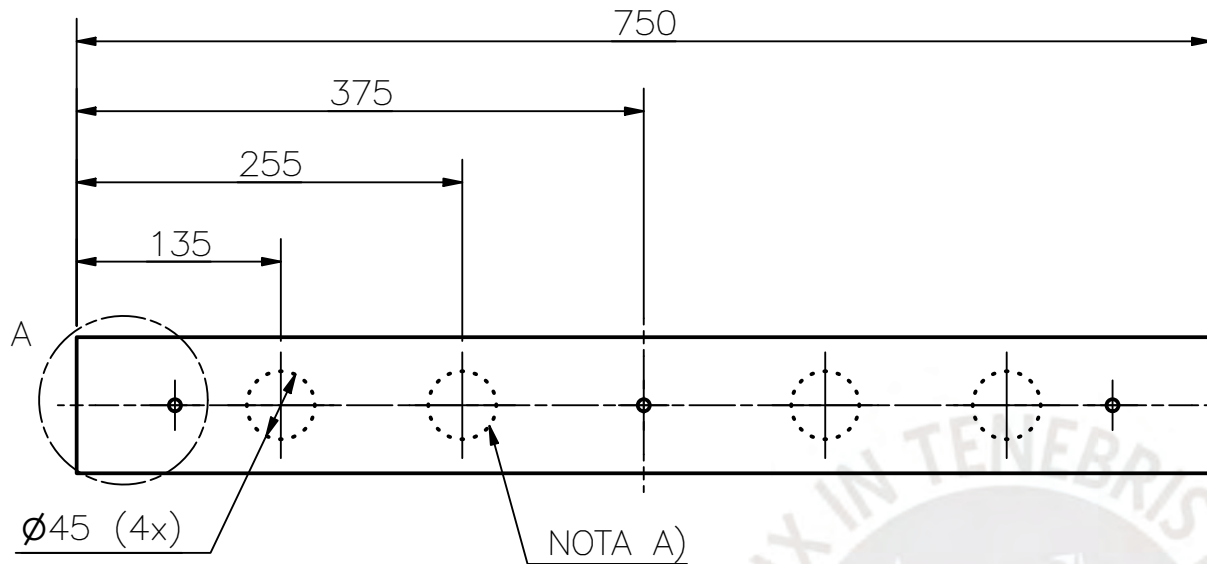
LISTA DE PARTES

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
2	1	CONECTOR PATAS		PINO AMERICANO	VER MS_P011_A4
1	2	PATA		PINO AMERICANO	VER MS_P010_A3

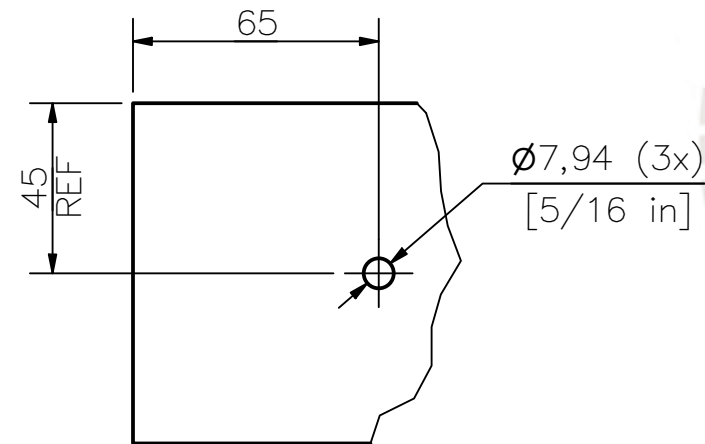
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA
	SOPORTE	1:10
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_E002_A3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



ESCALA 1:10



DETALLE A
ESCALA 1:2

A) TODOS LOS AGUJEROS SON PASANTES. CUBRIR SOLO LOS AGUJEROS INDICADOS CON CAPAS DE FIBRA DE VIDRIO Y LIJAR.

PINTAR TODAS LAS SUPERFICIES CON PINTURA EPÓXICA. SE RECOMIENDA USAR PINTURA EPÓXICA ANYPSA "TITANIC". COLOR A CRITERIO DEL USUARIO. COLOR SUGERIDO (GRIS CLARO RAL-7035 K7).

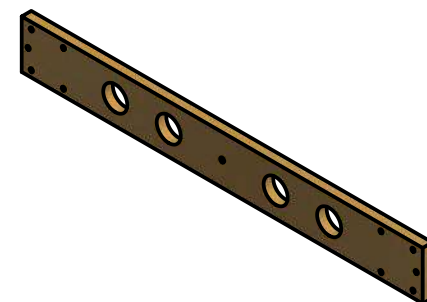
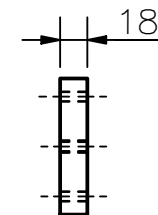
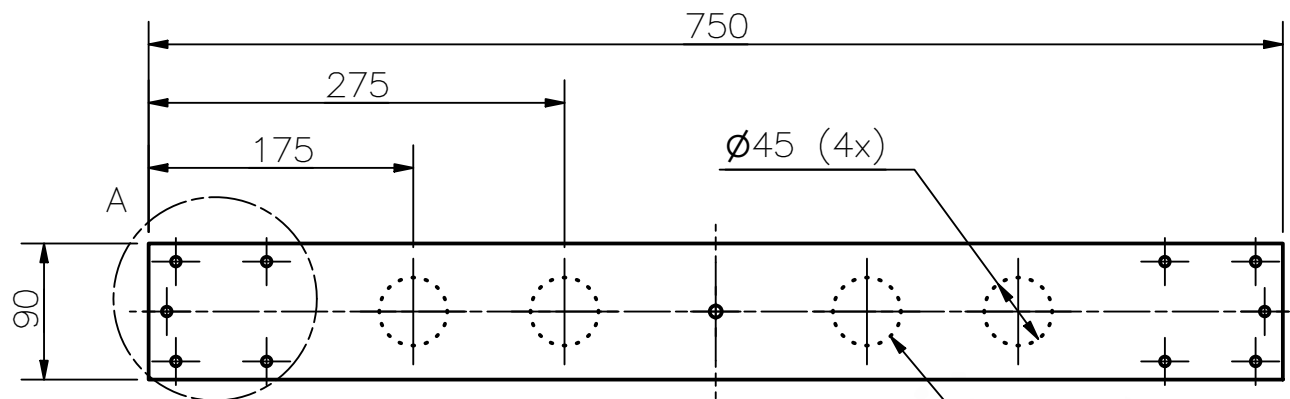
ACABADO SUPERFICIAL N12/	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL MADERA PINO AMERICANO
-----------------------------	---	-----------------------------------

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P012_A4

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)

DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	

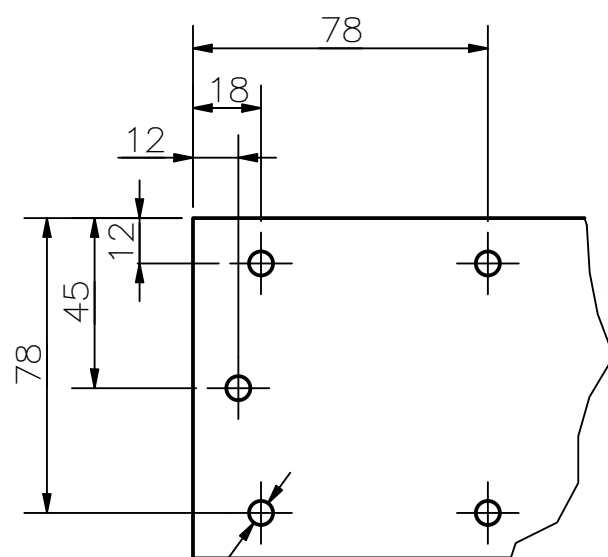


ESCALA 1:10

NOTA A)

A) TODOS LOS AGUJEROS SON PASANTES. CUBRIR SOLO LOS AGUJEROS INDICADOS CON CAPAS DE FIBRA DE VIDRIO Y LIJAR.

PINTAR TODAS LAS SUPERFICIES CON PINTURA EPÓXICA. SE RECOMIENDA USAR PINTURA EPÓXICA ANYPSA "TITANIC". COLOR A CRITERIO DEL USUARIO. COLOR SUGERIDO (GRIS CLARO RAL-7035 K7).



DETALLE A
ESCALA 1:2

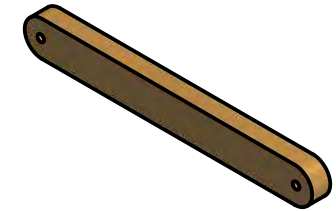
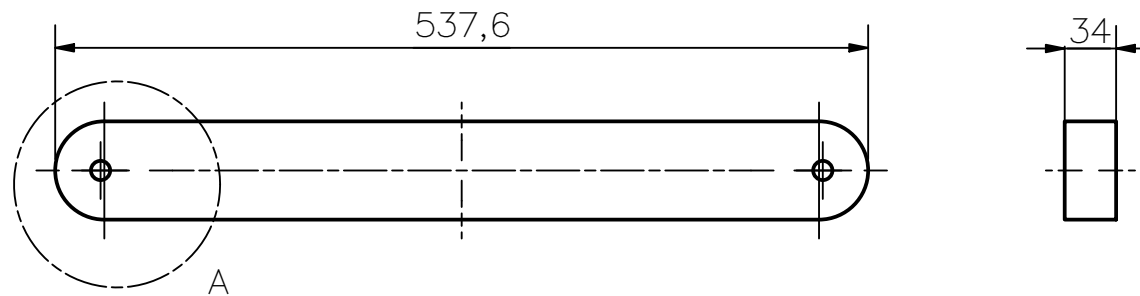
ACABADO SUPERFICIAL N12	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL MADERA PINO AMERICANO
----------------------------	---	-----------------------------------

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

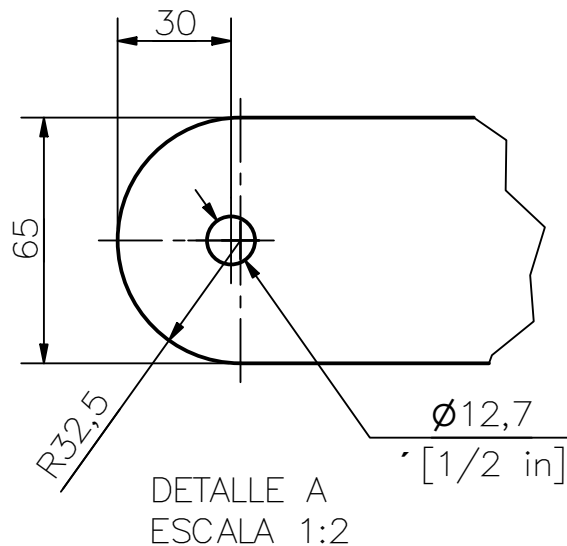
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:5
--------------------------	---	---------------

REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P013_A4

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)		
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	

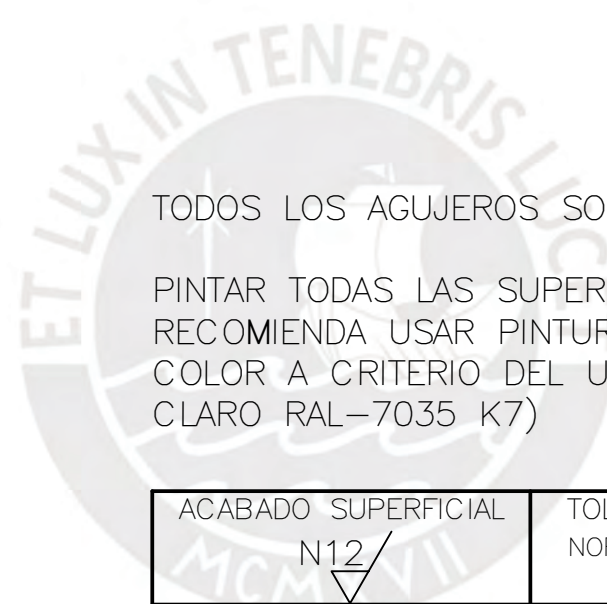


ESCALA 1:10



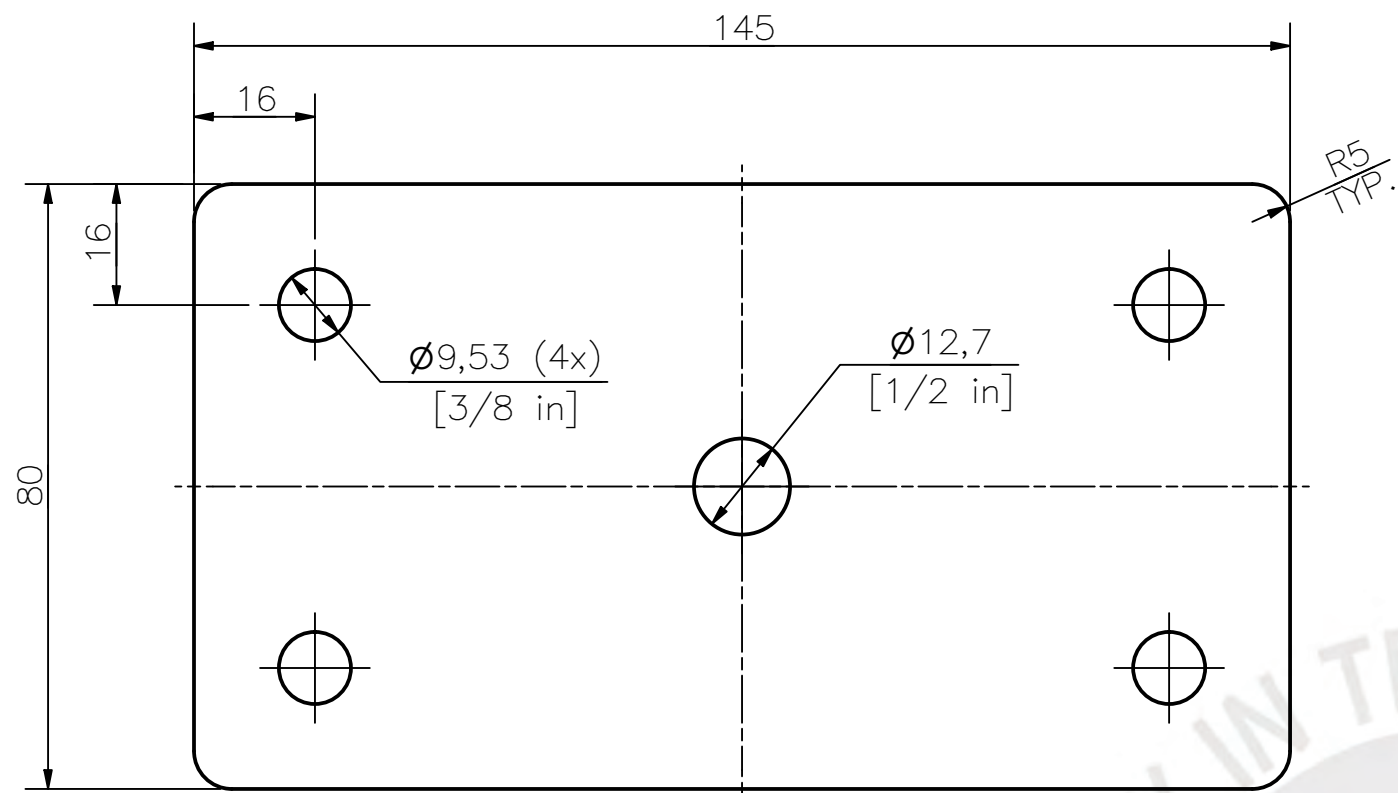
TODOS LOS AGUJEROS SON PASANTES.

PINTAR TODAS LAS SUPERFICIES CON PINTURA EPÓXICA. SE RECOMIENDA USAR PINTURA EPÓXICA ANYPSA "TITANIC". COLOR A CRITERIO DEL USUARIO. COLOR SUGERIDO (GRIS CLARO RAL-7035 K7)

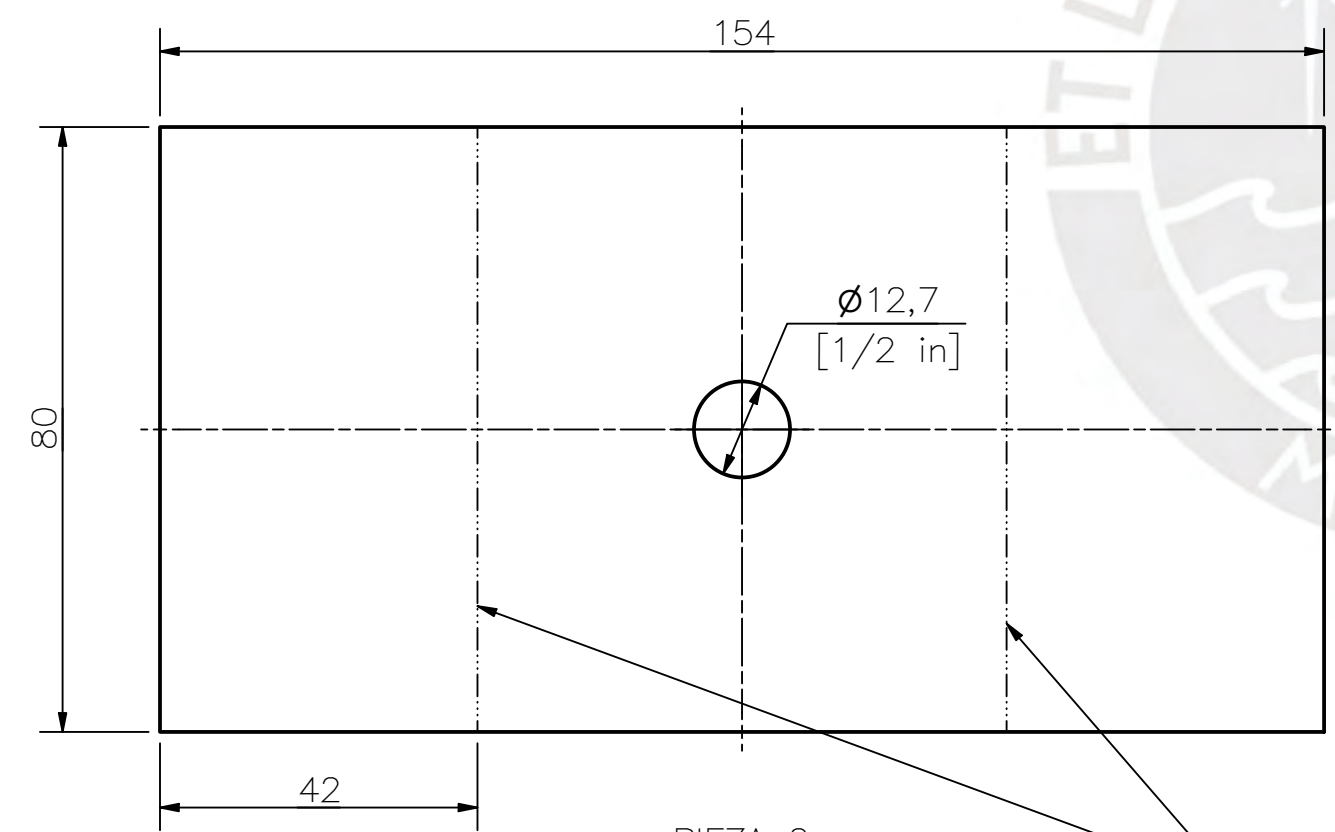


TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)		
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	

ACABADO SUPERFICIAL N12/▽	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL MADERA PINO AMERICANO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR DIAGONAL	ESCALA 1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P014_A4

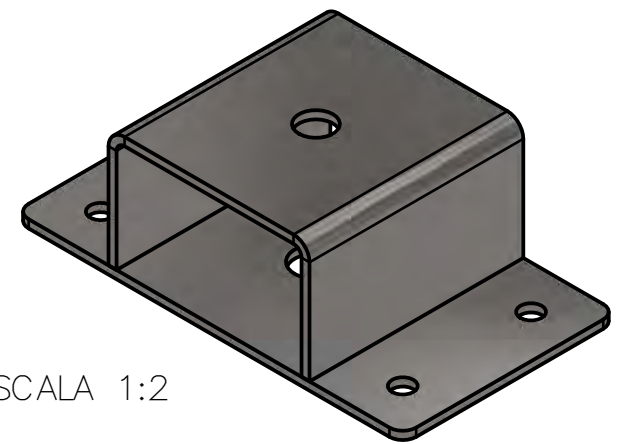


PIEZA 1

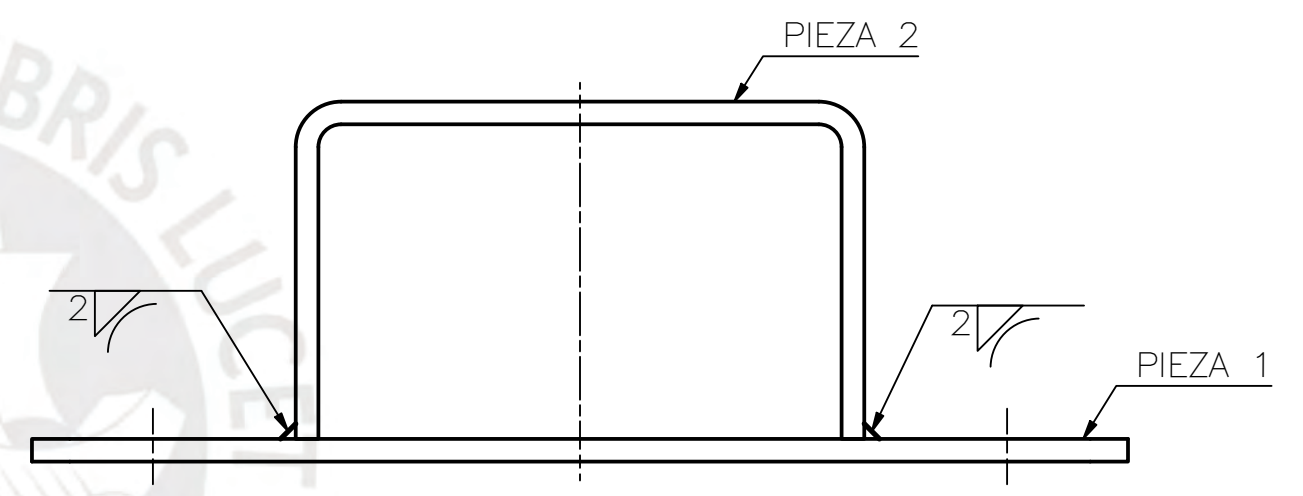


PIEZA 2

LINEAS DE DOBLEZ



ESCALA 1:2



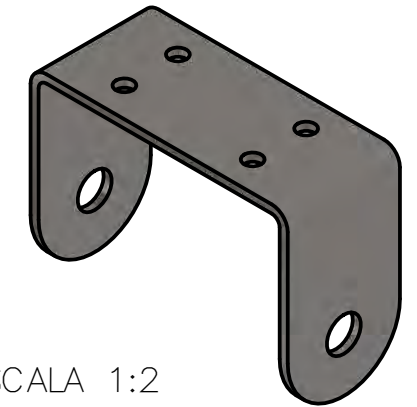
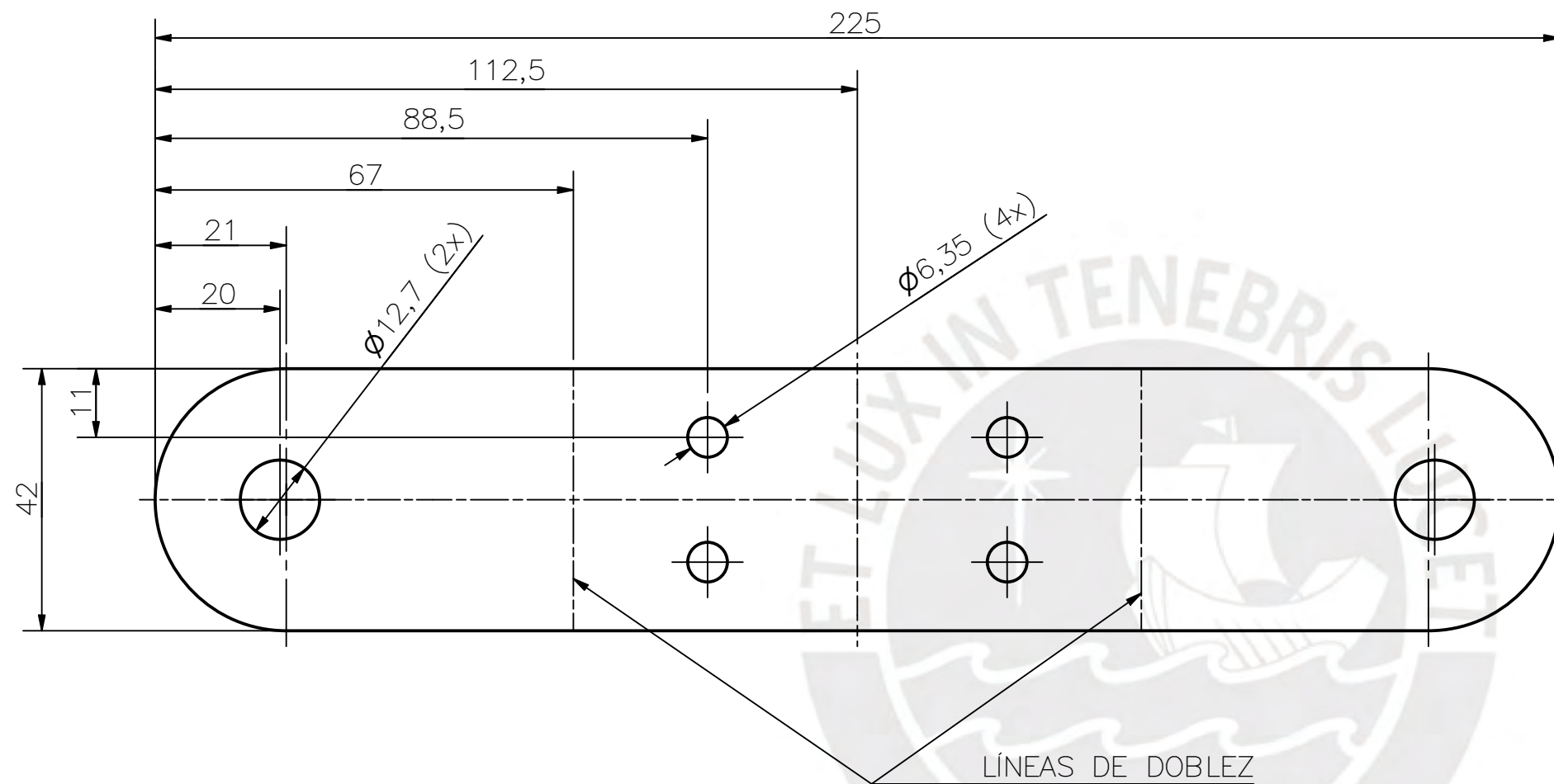
ESTE PLANO DE DESPIECE MUESTRA LAS DIMENSIONES DE LAS PIEZAS 1 Y 2 POR SEPARADO PARA FACILITAR SU MANUFACTURA. AMBAS DE ESPESOR 3mm.

TODOS LOS AGUJEROS SON PASANTES.

LIMAR TODOS LOS FILOS.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN ISO 2768-1							
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DIN ISO 2768-1 MEDIO	MATERIAL AISI 316
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P015_A3



ESCALA 1:2

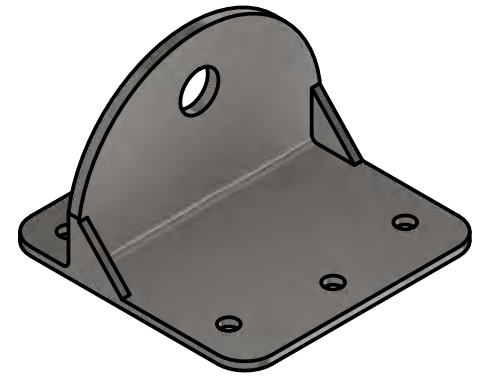
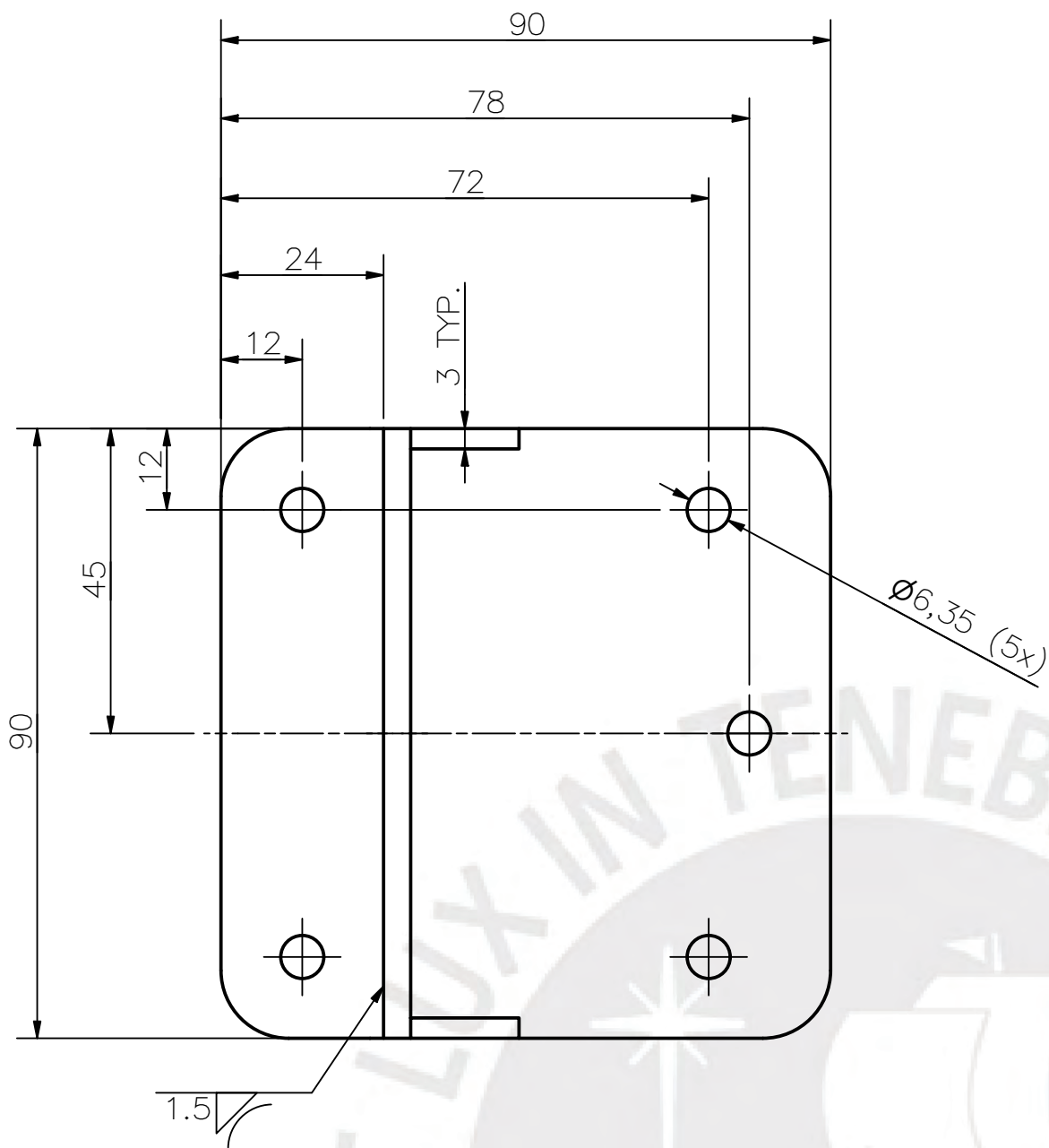
ESPESOR 3 mm

TODOS LOS AGUJEROS SON PASANTES.

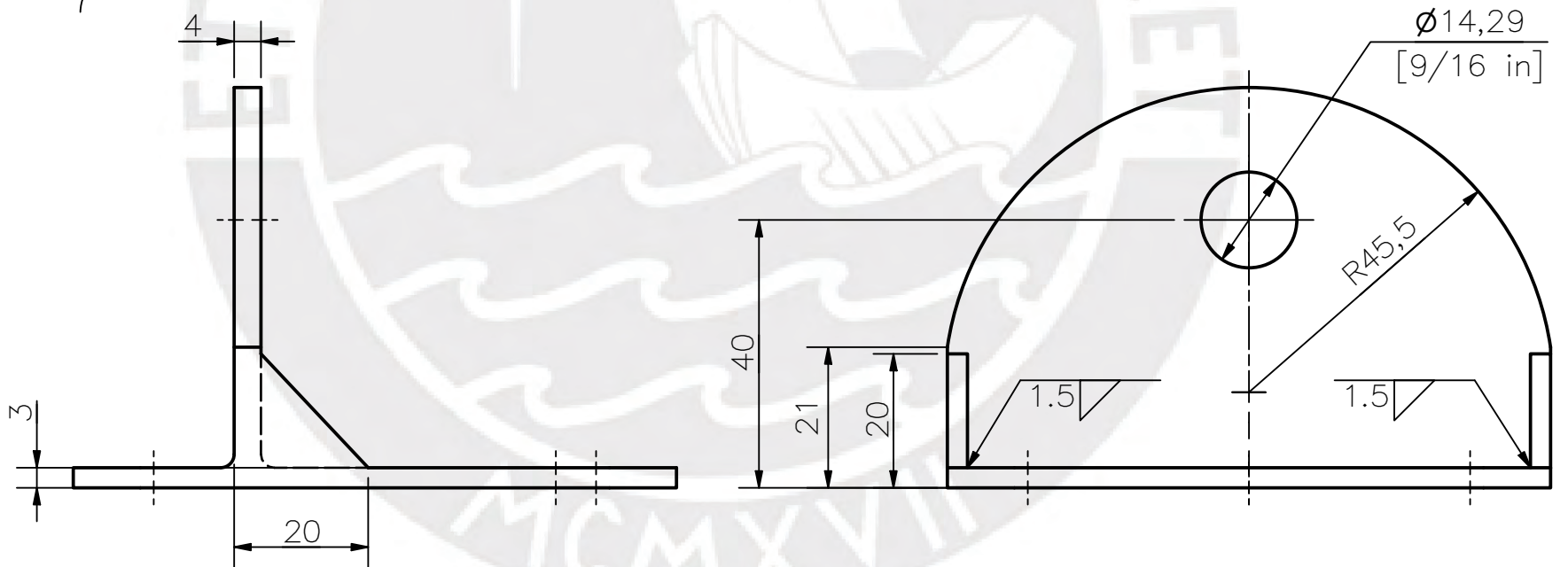
LIMAR TODOS LOS FILOS.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN ISO 2768-1							
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

ACABADO SUPERFICIAL N9/	TOLERANCIA GENERAL DIN ISO 2768-1 MEDIO	MATERIAL AISI 316
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P016_A3



ESCALA 1 : 2

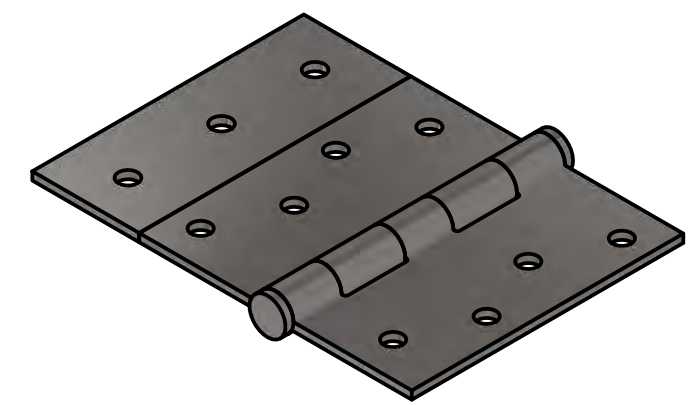
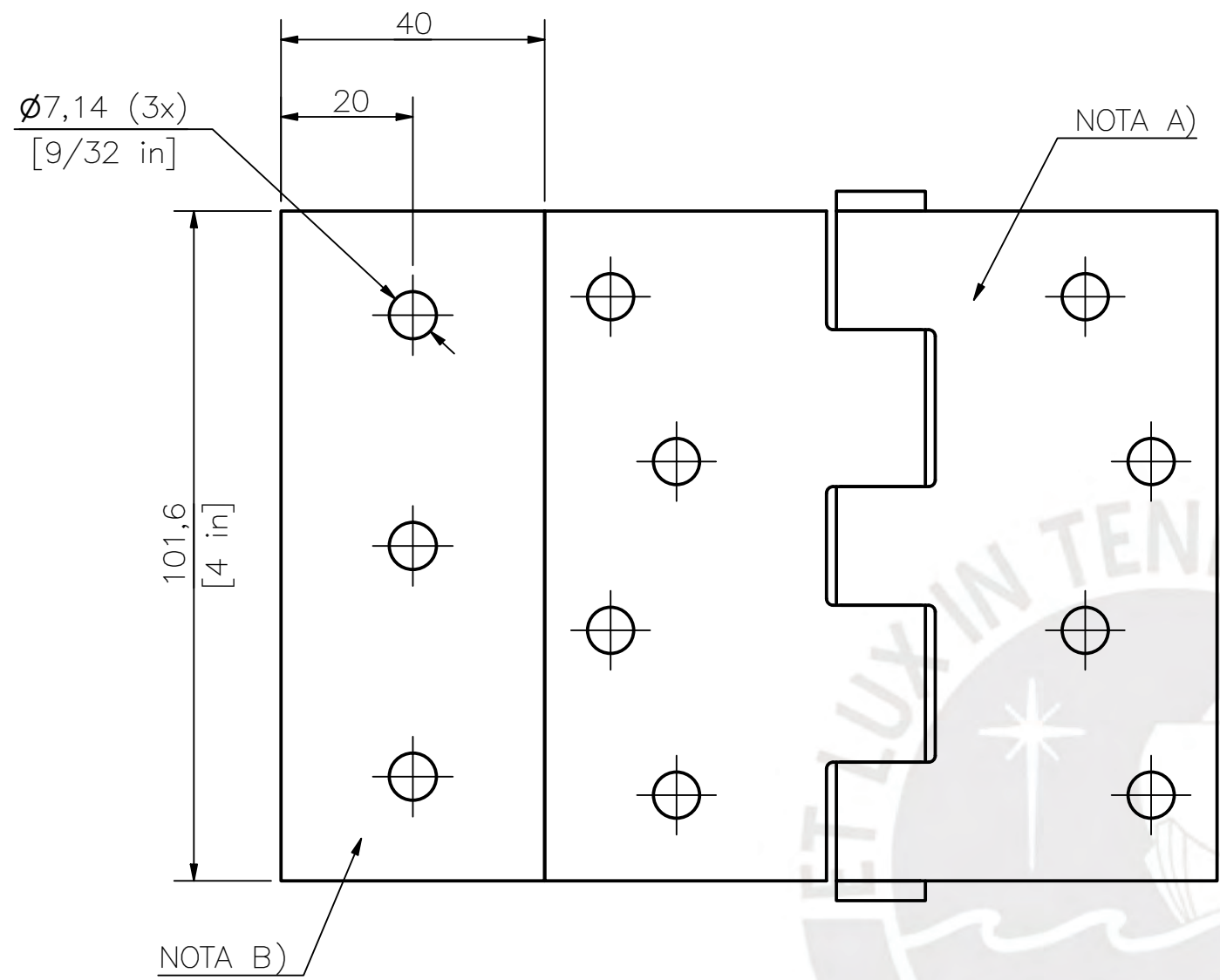


TODOS LOS AGUJEROS SON PASANTES

LIMAR TODOS LOS FILOS

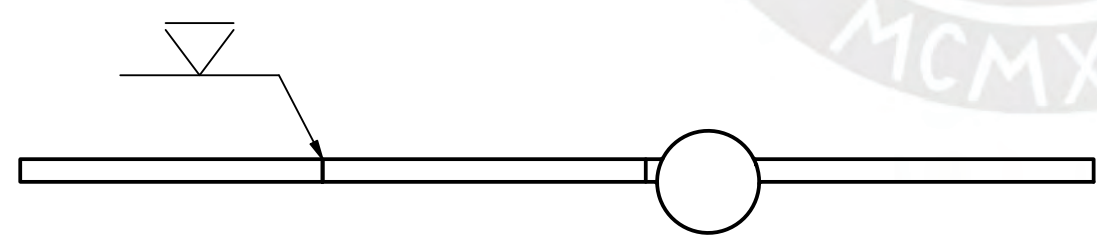
TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN ISO 2768-1							
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DIN ISO 2768-1 MEDIO	MATERIAL AISI 316
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P017_A3



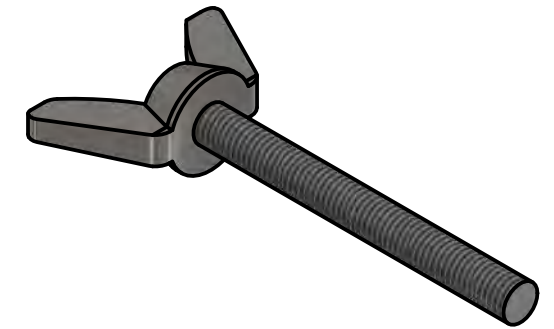
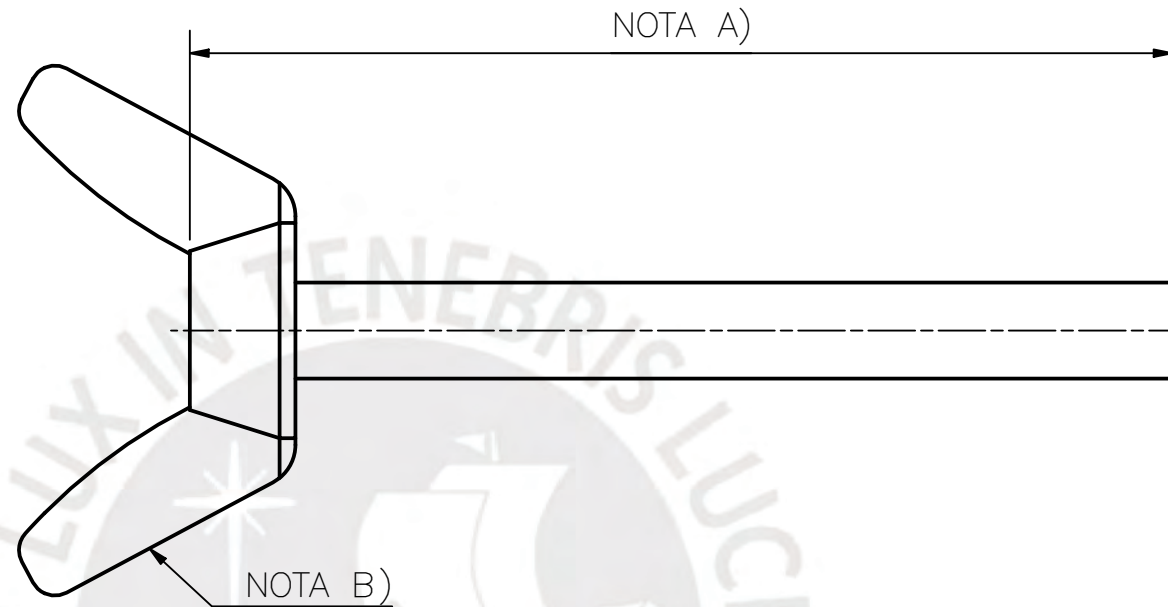
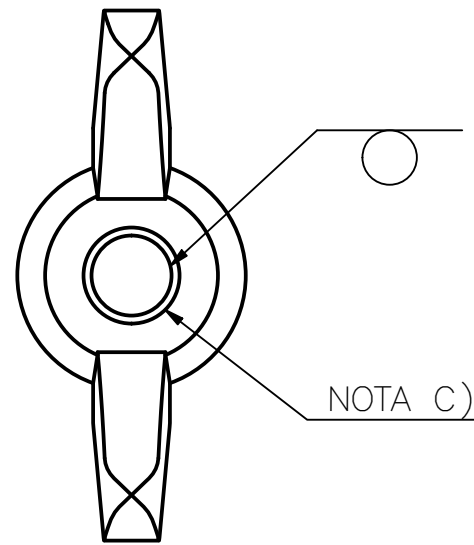
ESCALA 1:2

- A) BISAGRA COMERCIAL DE 4x4". ESPESOR DE 3mm. ACERO INOXIDABLE 304.
- B) SOLDAR UNA PLAQUITA DE 4"x40x3 (CUIDADO AMBOS LADOS NO SON SIMÉTRICOS). DIMENSIONES INDICADAS PARA AGUJEROS Y EL CORDÓN DE SOLDADURA.



ACABADO SUPERFICIAL N9 ✓	TOLERANCIA GENERAL DIN ISO 2768-1 MEDIO	MATERIAL AISI 304
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR BISAGRA ESPECIAL	ESCALA 1:2
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P018_A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN ISO 2768-1							
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2



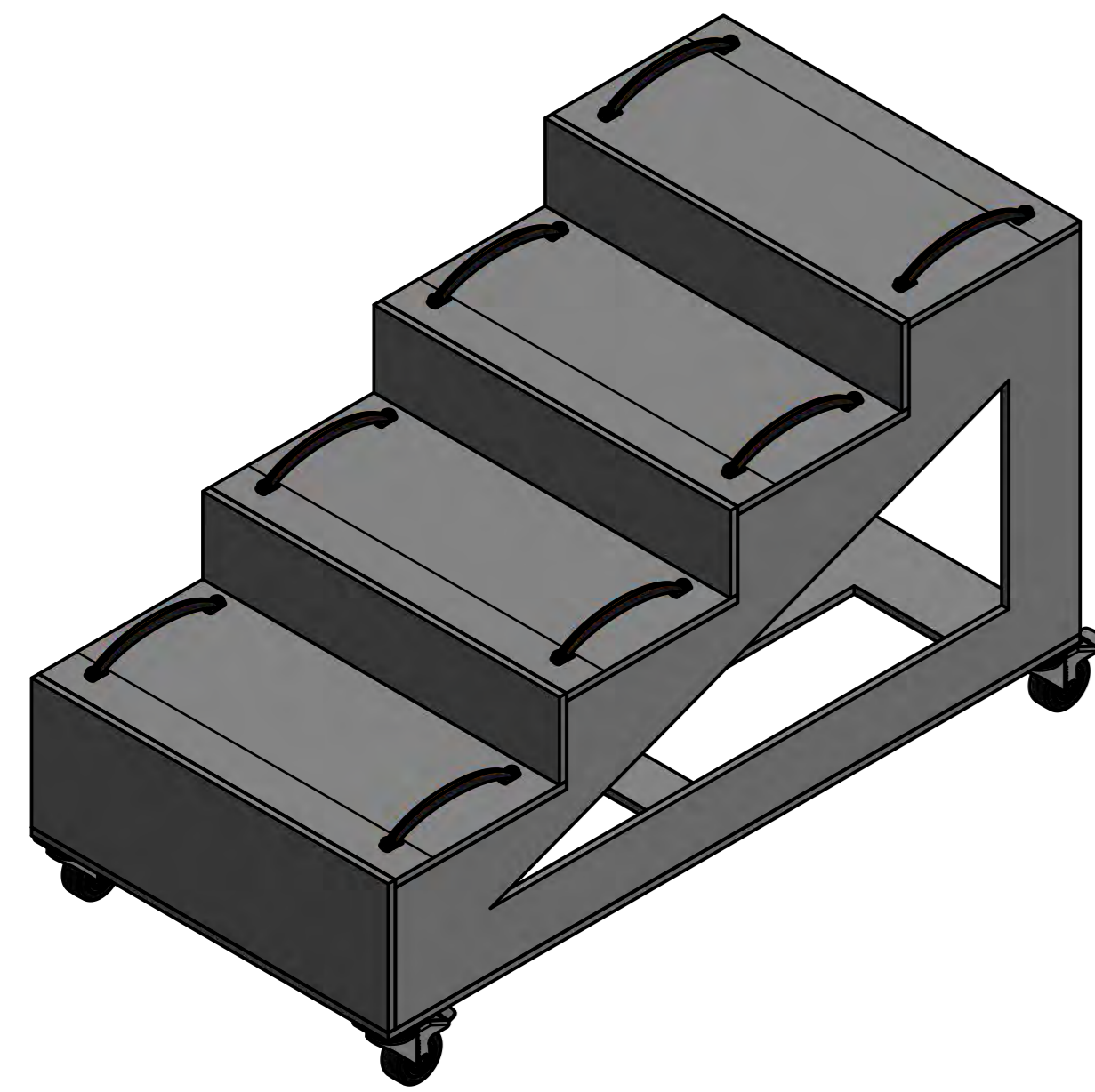
ESCALA 1:2

- A) ROSCAR UNA VARILLA DE 1/2" DE ACERO INOXIDABLE. ESTE PLANO SIRVE PARA FABRICAR PERILLAS DE 3 DIFERENTES LONGITUDES 72, 95 Y 130 mm SEGÚN SE INDICA.
- B) TUERCA MARIPOSA DE 1/2" DE ACERO INOXIDABLE.
- C) ENROSCAR LA TUERCA MARIPOSA A LA VARILLA ROSCADA HASTA EL TOPE, LUEGO SOLDAR.

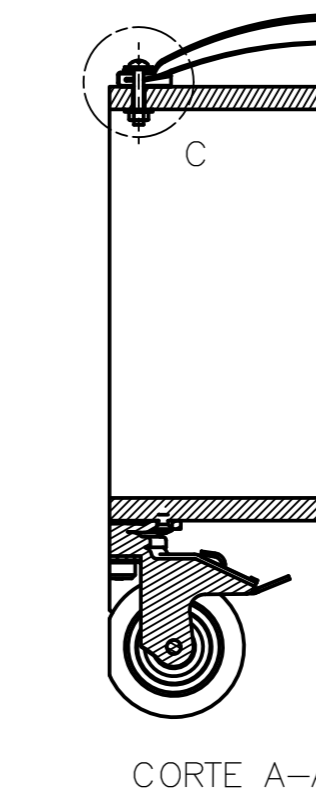
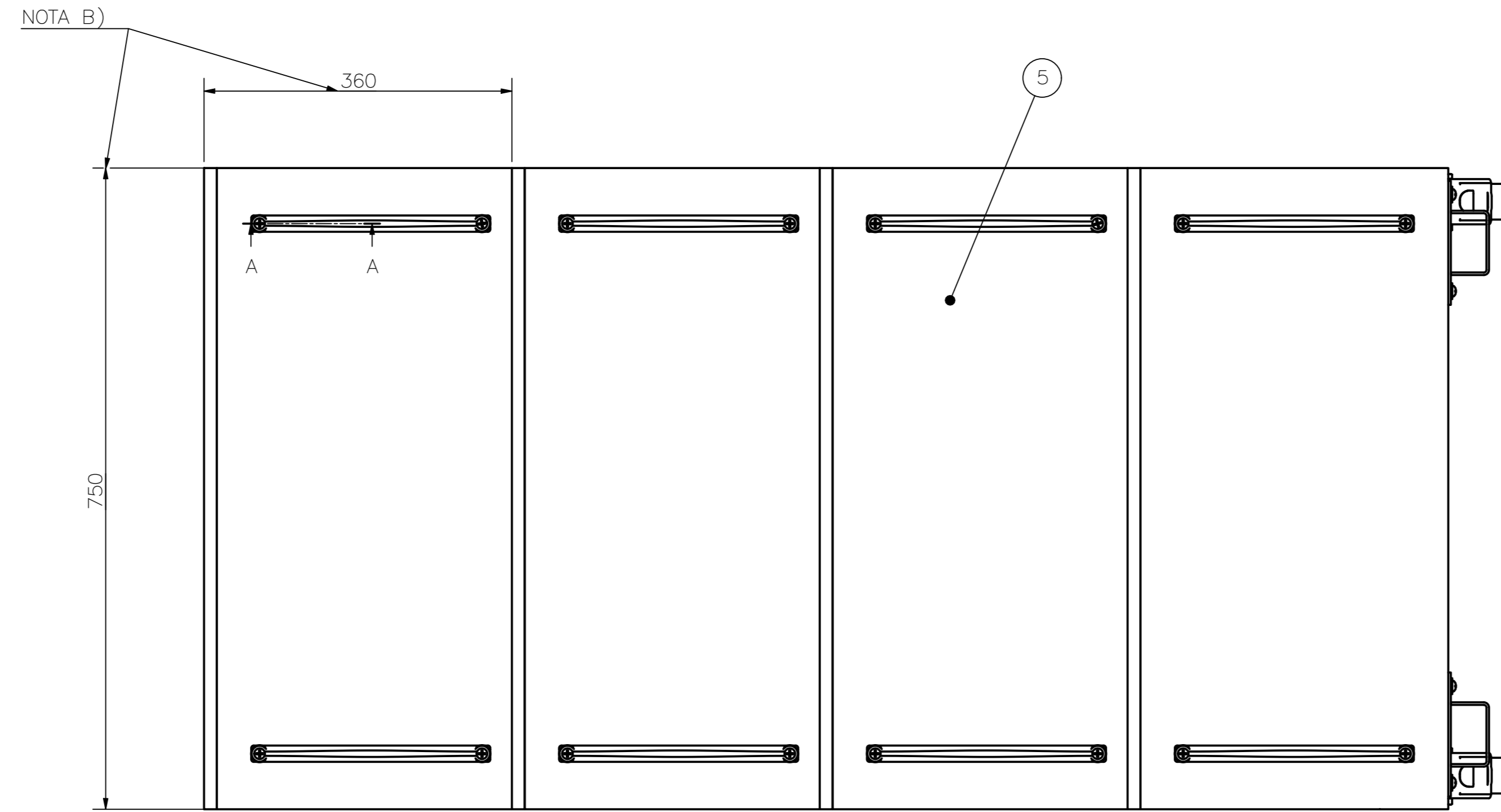
ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DIN ISO 2768-1 MEDIO	MATERIAL AISI 304
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_P019_A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

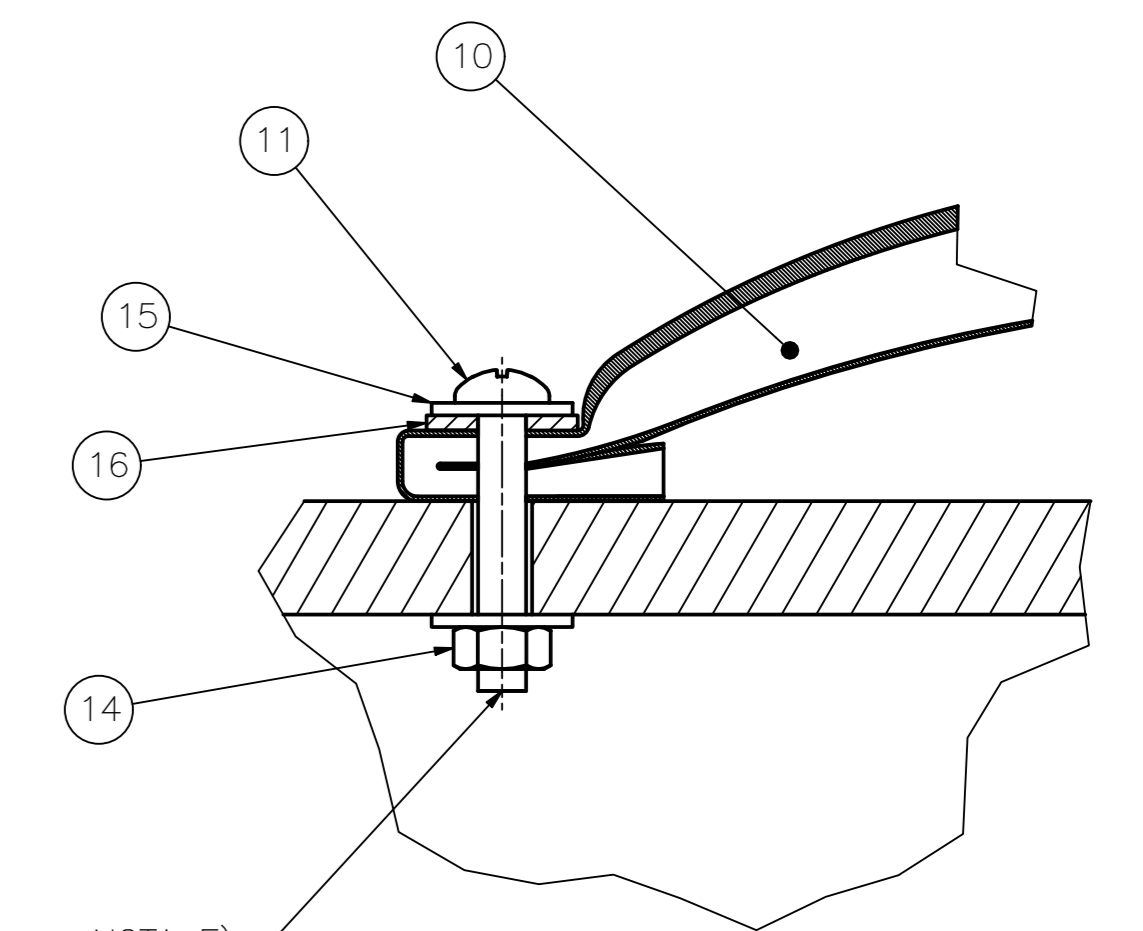
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2



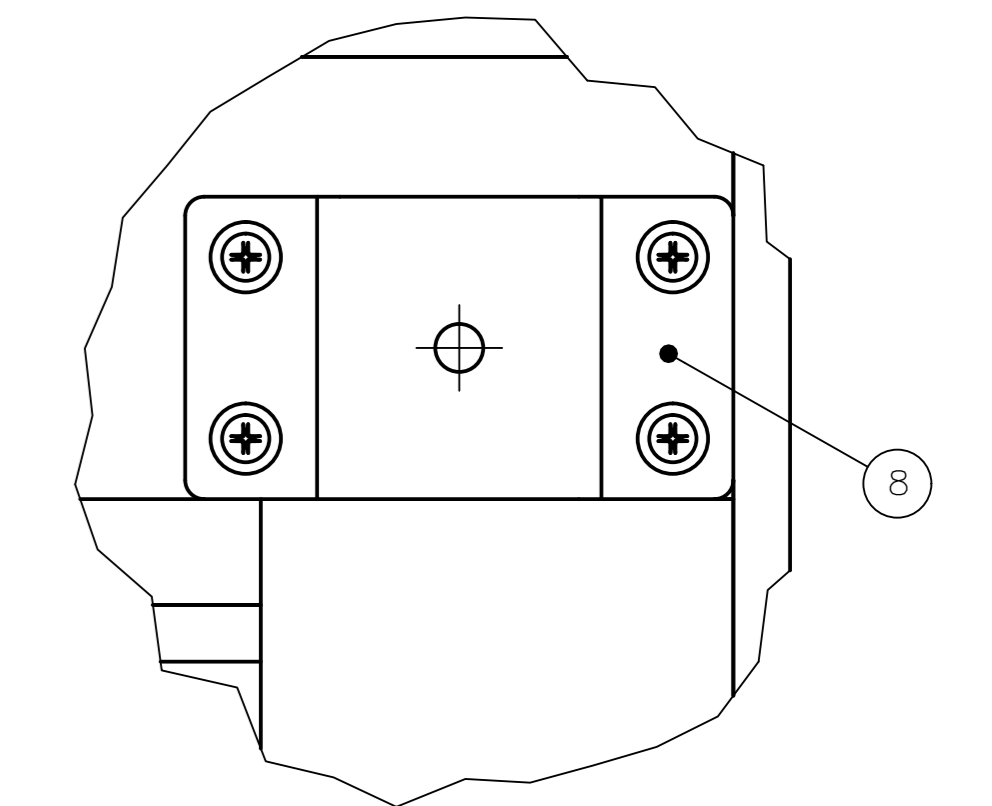
ESCALA 1:10



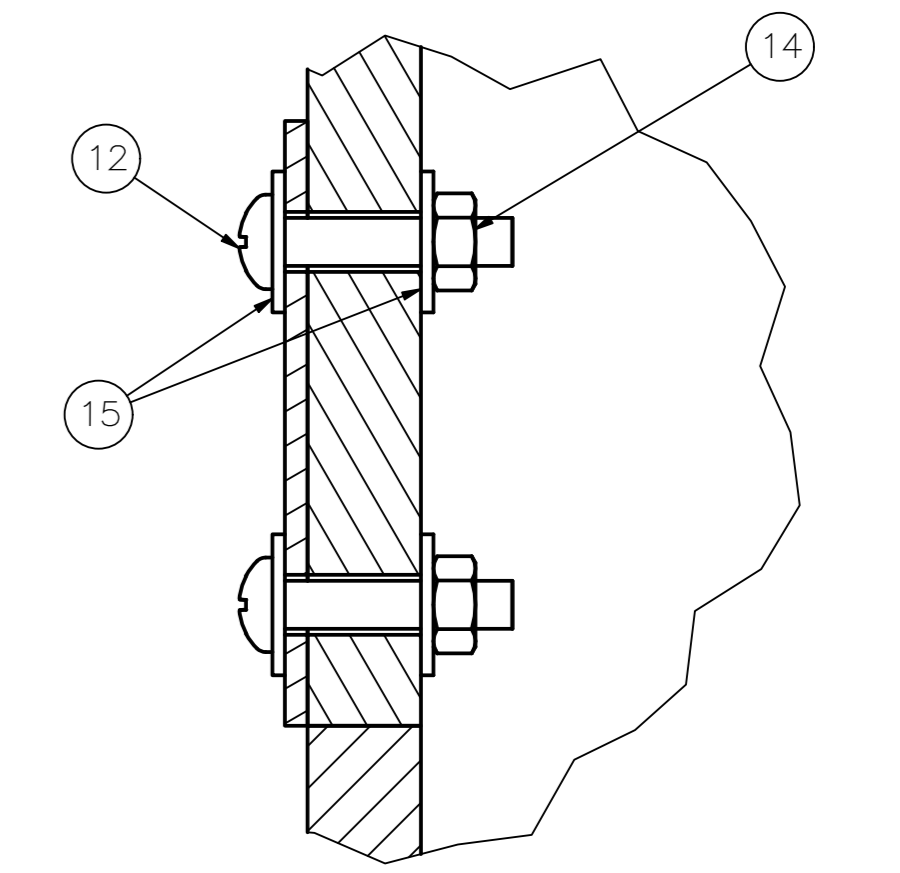
CORTE A-A



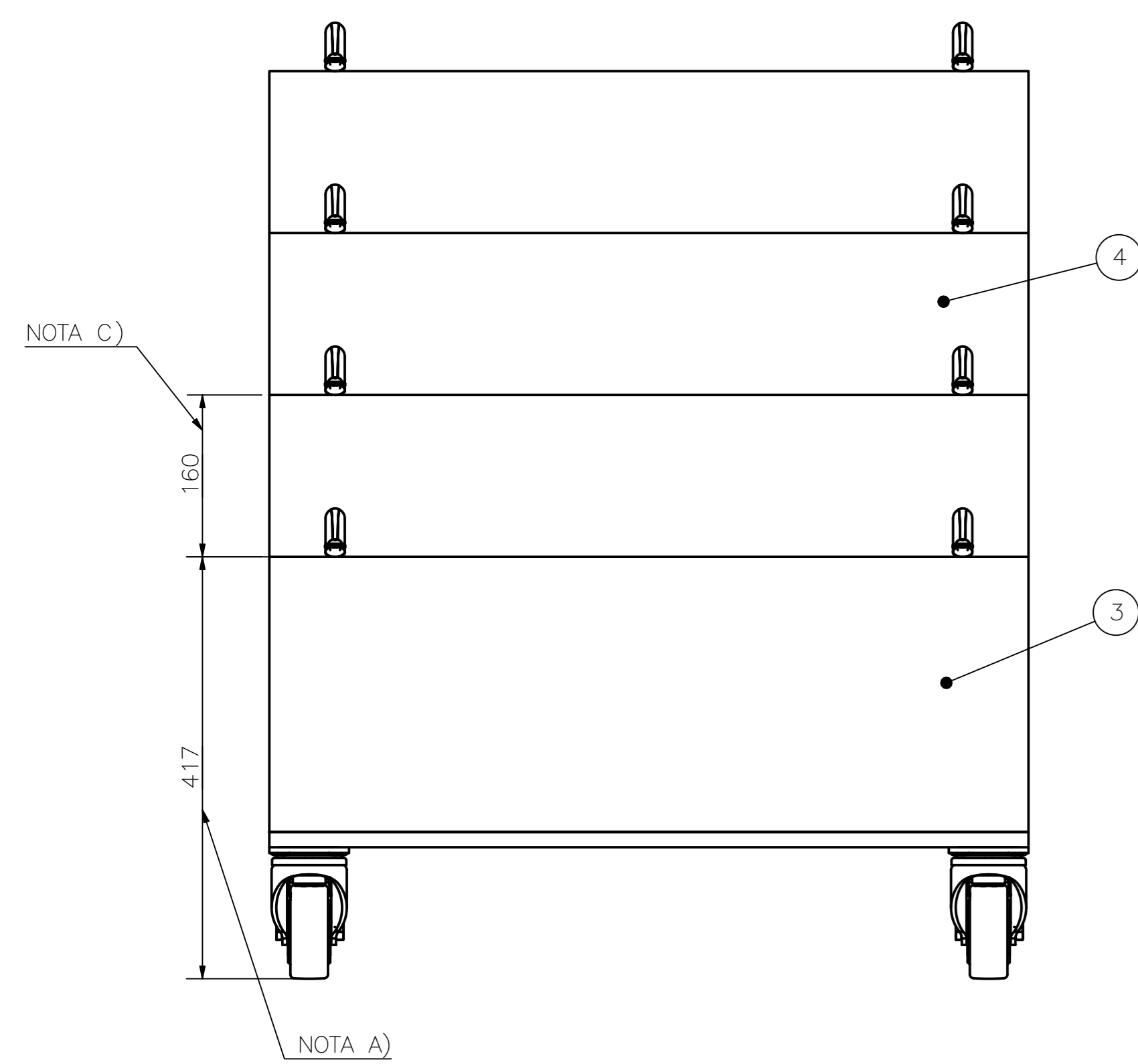
NOTA E)
DETALLE C
ESCALA 1:1



DETALLE D
ESCALA 1:2

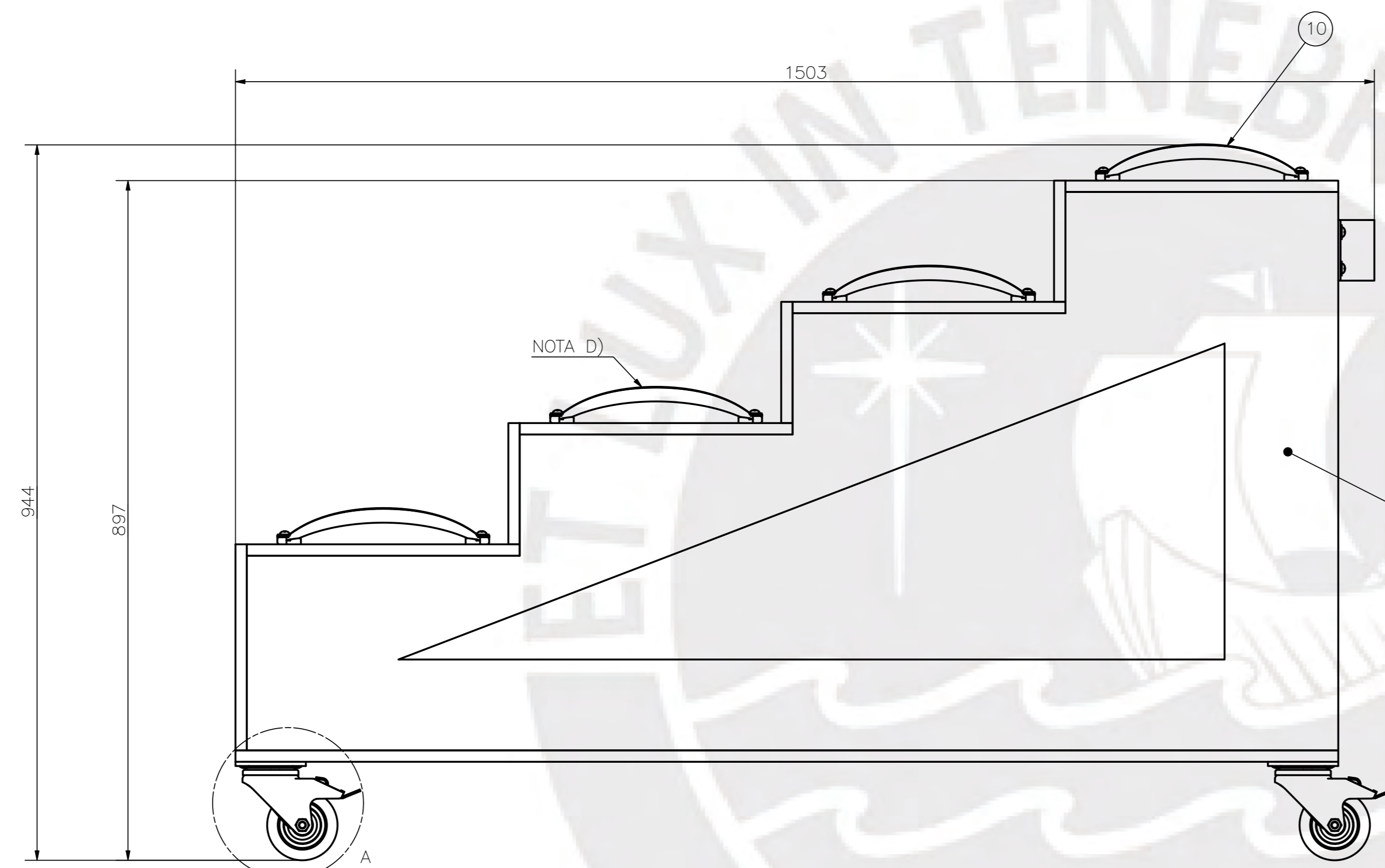


DETALLE E
ESCALA 1:1



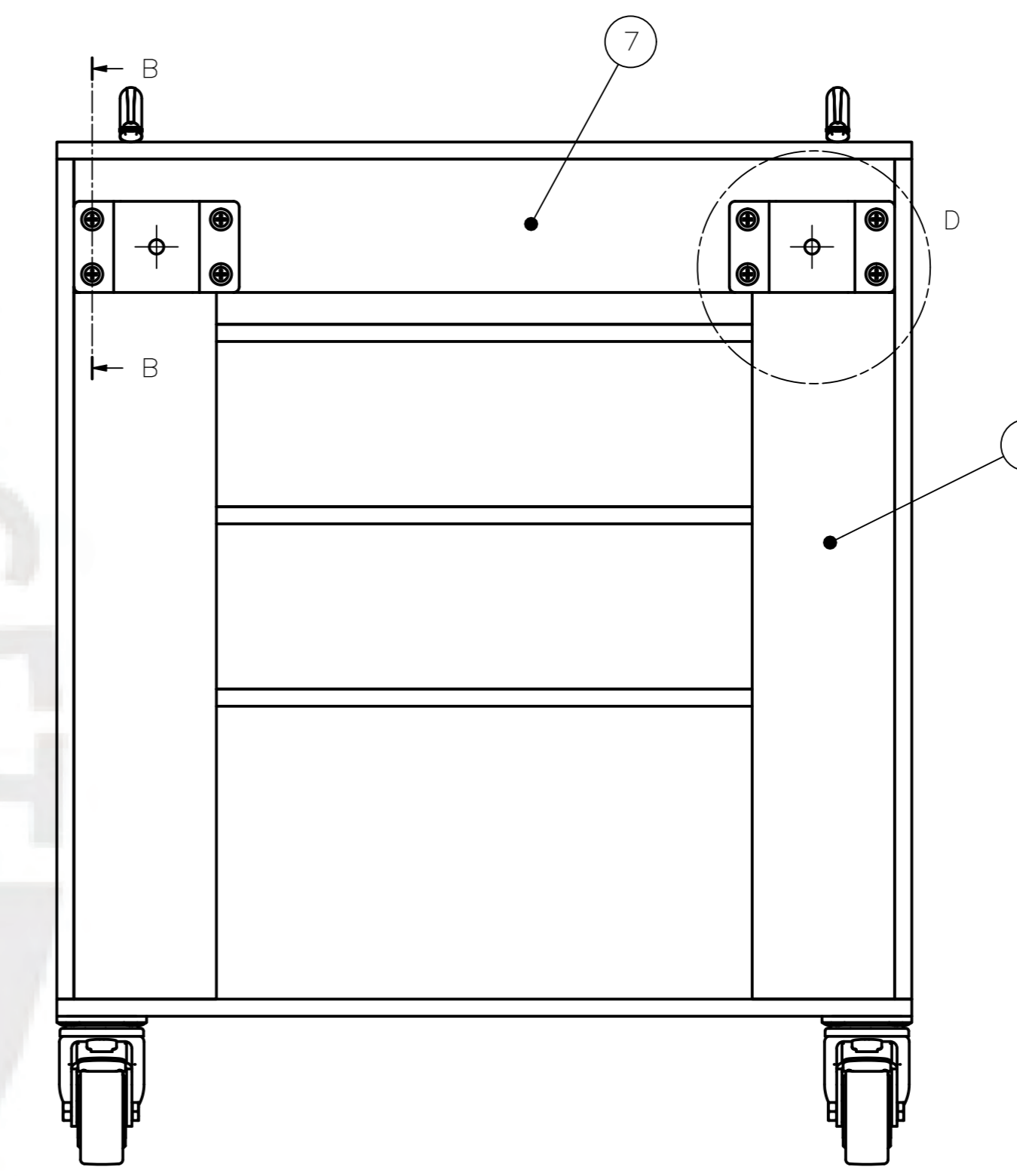
NOTA C)

NOTA A)

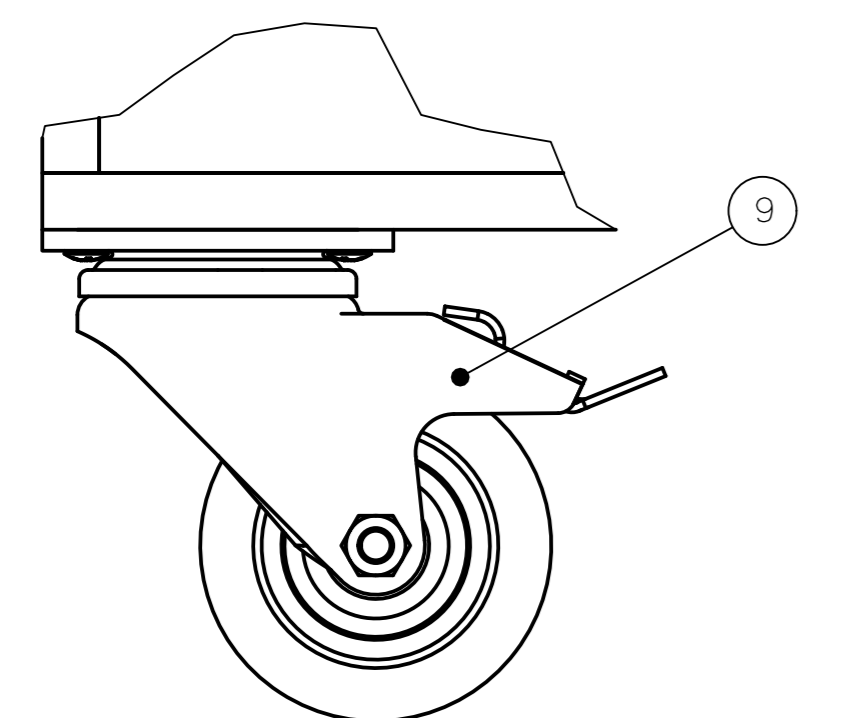


NOTA D)

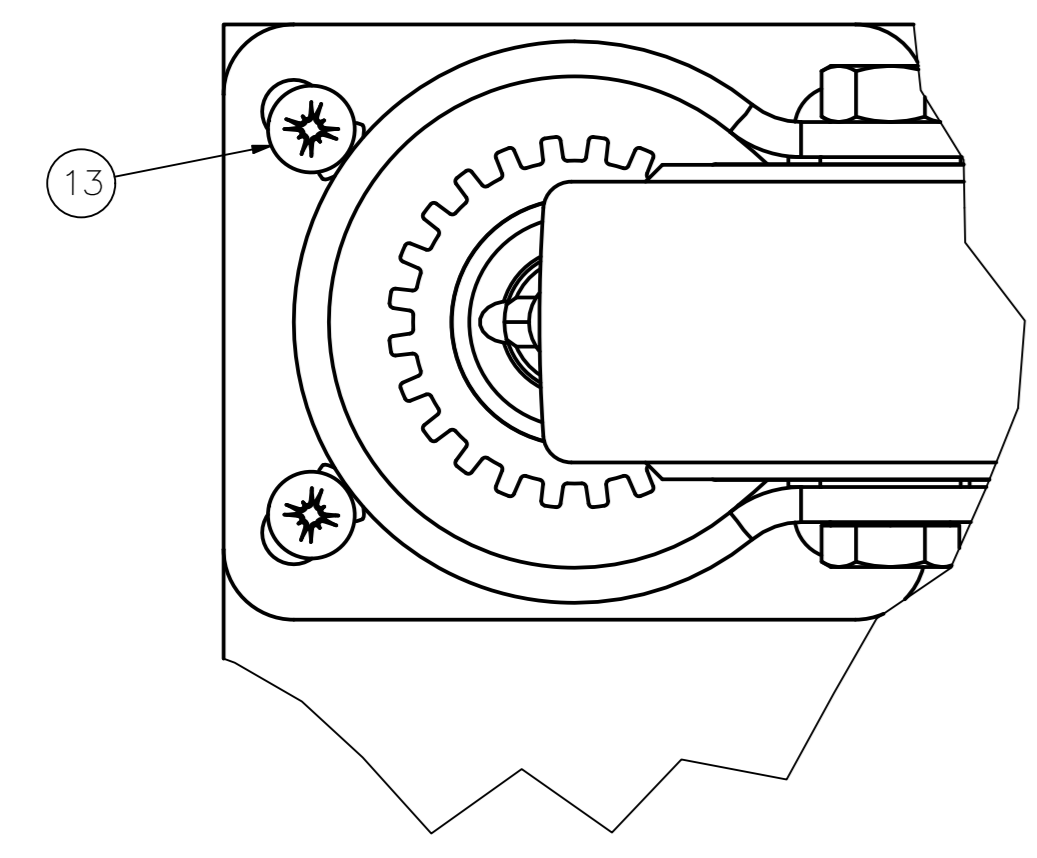
A



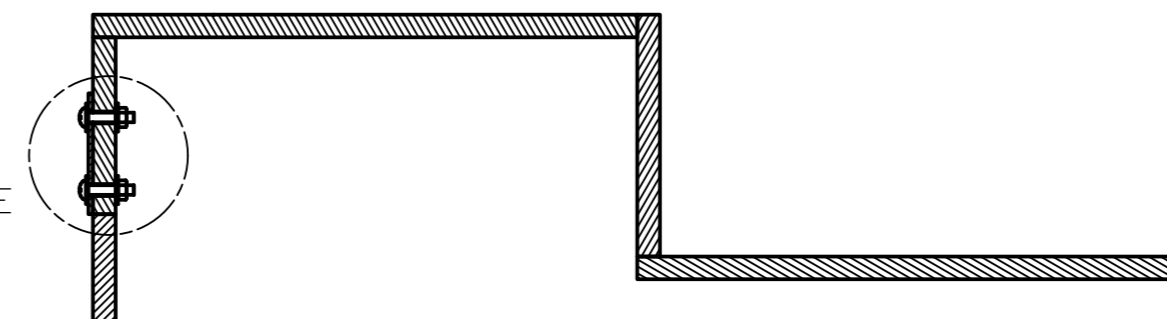
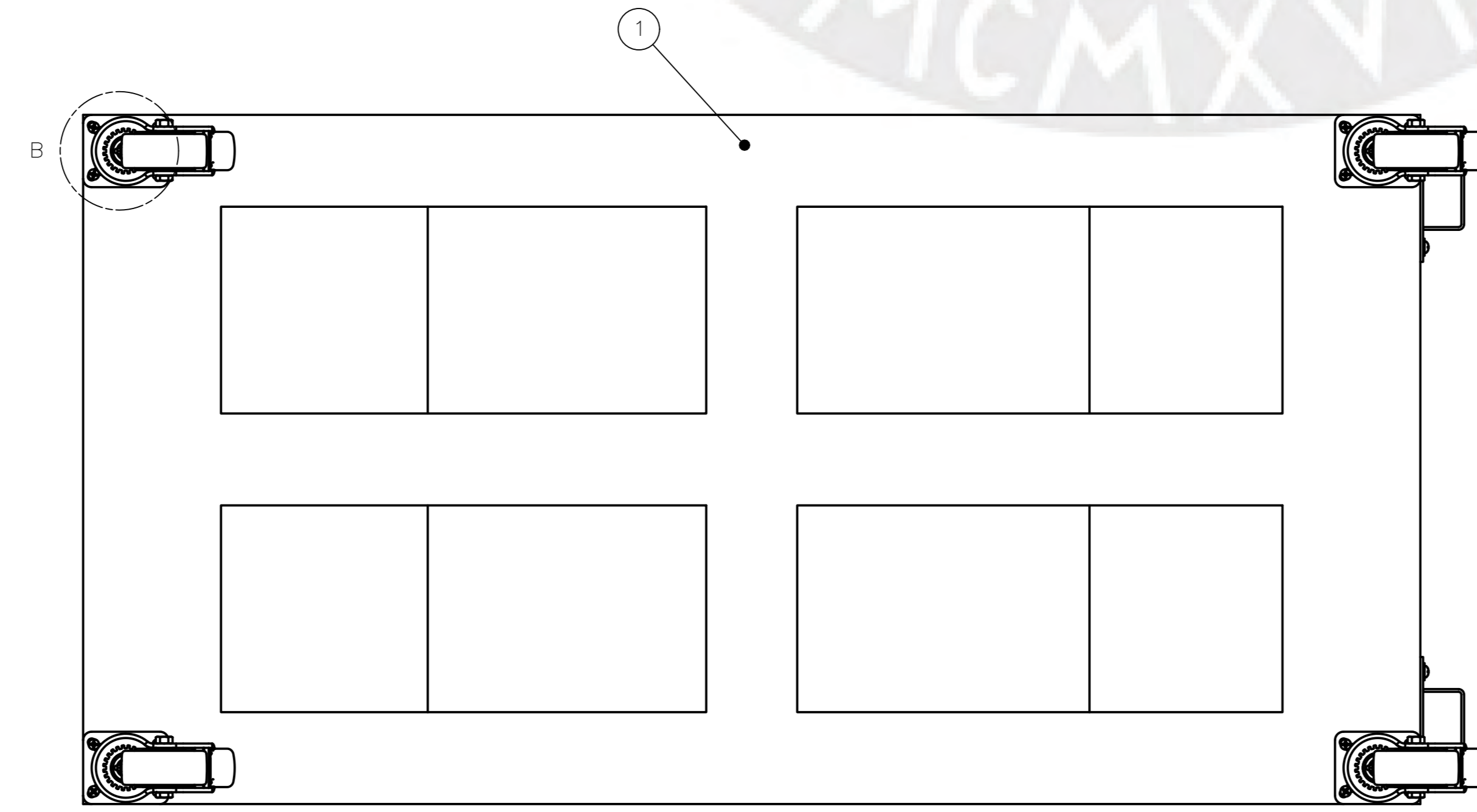
CORTE B-B



DETALLE A
ESCALA 1:2



DETALLE B
ESCALA 1:1



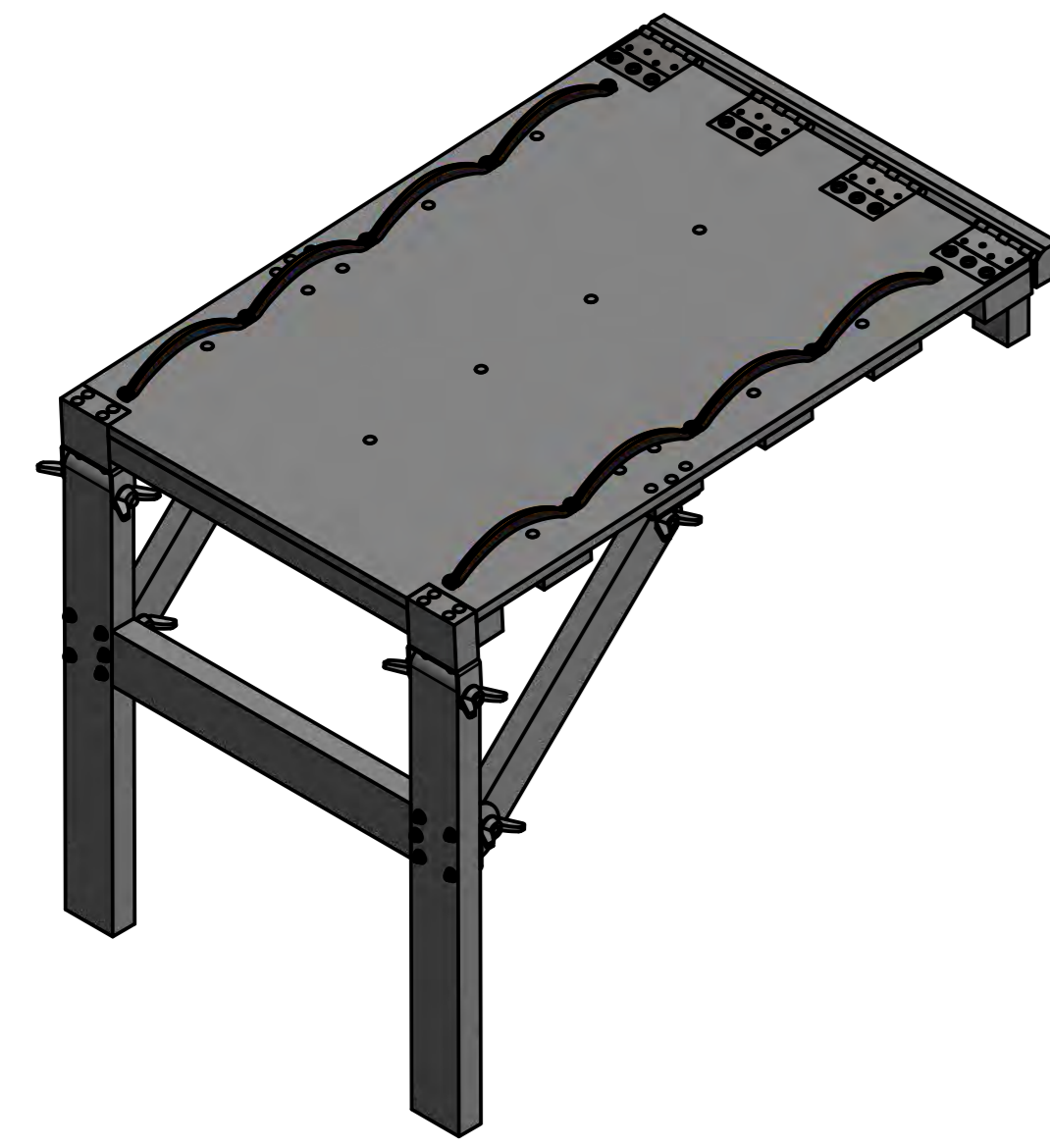
EL DISEÑO DE LA ESCALERA CUMPLE CON LOS RANGOS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ADA STANDARDS FOR ACCESSIBLE DESIGN SEÑALADAS EN EL INDICE "11008.3 TRANSFER SYSTEMS" (2010).

- A) EL PRIMER PELDAÑO DEBE SITUARSE ENTRE 280 A 455mm RESPECTO DEL SUELO.
- B) LAS HUELLAS O PELDAÑOS DEBEN SER DE DIMENSIONES DE 610mm DE ANCHO Y 355mm DE PROFUNDIDAD COMO MÍNIMO.
- C) LA ALTURA DE LA CONTRA HUELLA DEBE SER DE 205mm COMO MÁXIMO.
- D) SE INDICA QUE DEBE EXISTIR AL MENOS UN TIPO DE SOPORTE O AGARRADERAS PARA EL USUARIO.
- E) DOBLAR AMBOS EXTREMOS DE LAS MANGUERAS (APROXIMADAMENTE 35mm) Y REALIZAR UN AGUJERO PASANTE DE 5/16", EL ENSAMBLE SE REALIZA CON 1 PERNO CABEZA REDONDA, 1 ARANDELA DE CAUCHO Y DOS ARANDELAS.

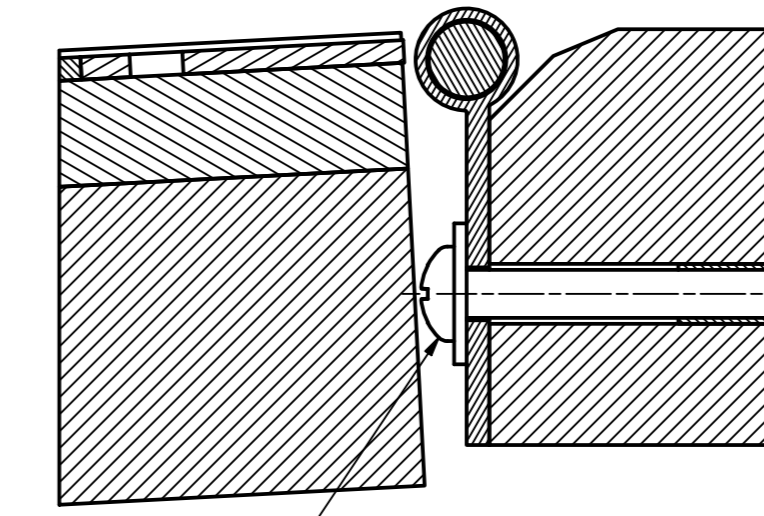
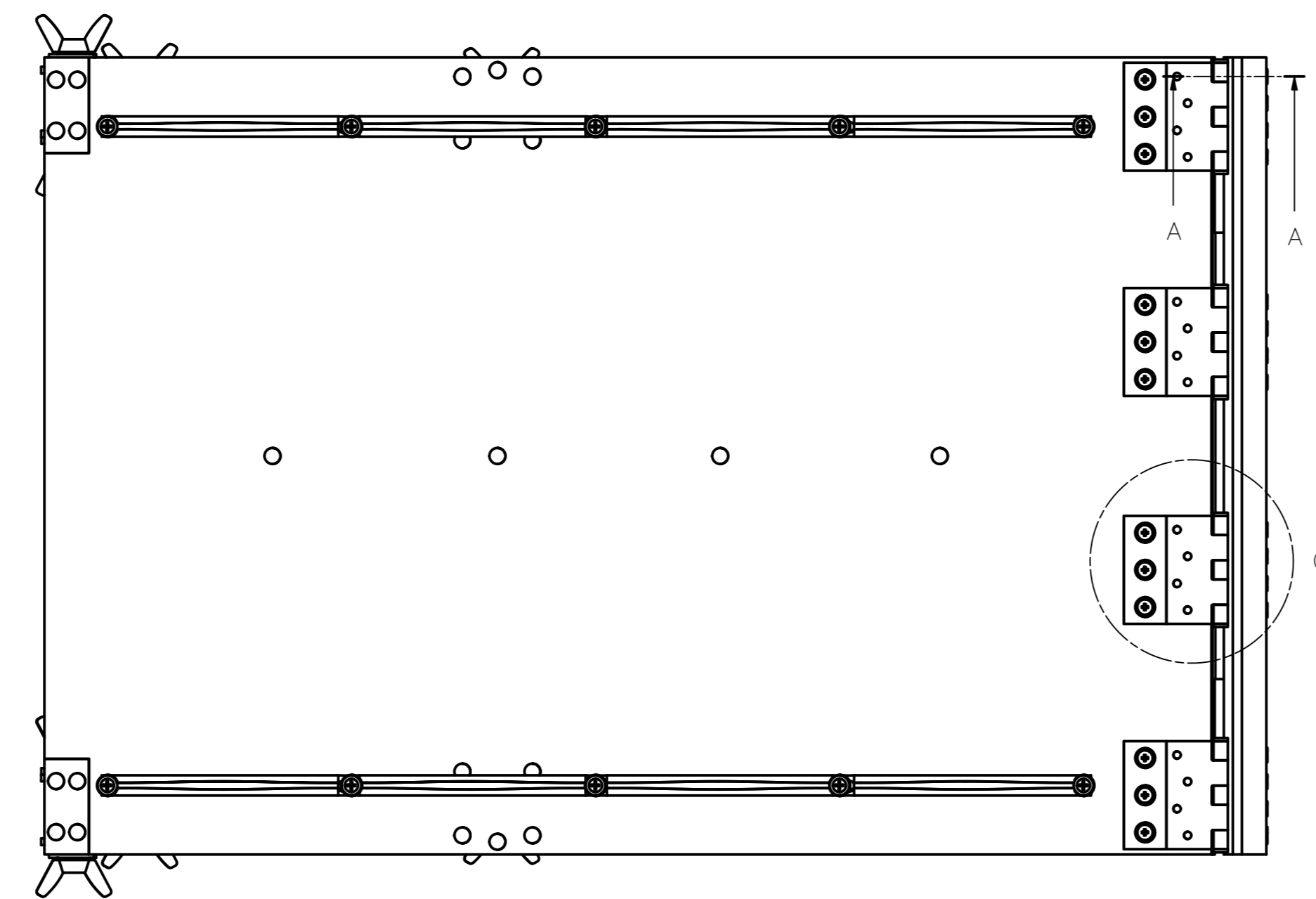
LISTA DE PARTES					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
16	16	ARANDELA PLANA 1/4"		CAUCHO	
15	48	ARANDELA PLANA 1/4"	ANS B18.22.1	ASI 304	
14	24	TUERCA 1/4"	ANS B18.2.2	ASI 304	
13	16	TORNILLO AUTORROSCANTE 1/4" x 0.75"	ANS B18.5.1	ASI 304	
12	8	PERNO CABEZA REDONDA 1/4" x 1 1/4"	ANS B18.6.3	ASI 304	
11	16	PERNO CABEZA REDONDA 1/4" x 1 1/2"	ANS B18.6.3	ASI 304	
10	8	AGARRADERAS (3/4" x 330)		VARIOS	MANGUERA CON REFLEJO TRANSPARENTE
9	4	GARRUCHAS		VARIOS	GARRUCHAS CON FRENO DE 130mm
8	2	PIEZA DE ENCAJE	ANS 316		VER MS_P015_A3
7	1	LUSTÓN POSTERIOR HORIZONTAL		TRIPLAY FENÓLICO	VER MS_P004_A4
6	2	LUSTÓN POSTERIOR VERTICAL		TRIPLAY FENÓLICO	TABLÓN 125x620 ESPESOR 15
5	4	HUELLA		TRIPLAY FENÓLICO	VER MS_P003_A4
4	3	CONTRA HUELLA		TRIPLAY FENÓLICO	TABLÓN 160x750 ESPESOR 15
3	1	CONTRA HUELLA INICIAL		TRIPLAY FENÓLICO	TABLÓN 272x750 ESPESOR 15
2	2	TABLÓN LATERAL		TRIPLAY FENÓLICO	VER MS_P002_A4
1	1	TABLÓN INFERIOR		TRIPLAY FENÓLICO	VER MS_P001_A4

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		
CIENCIAS E INGENIERÍA — INGENIERÍA MECATRÓNICA		
METODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CONTROL PROPUESTO EN EL TIPO DE CANAL-VI PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AÑO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CÉSAR A.	LÁMINA: MS_E003_A0

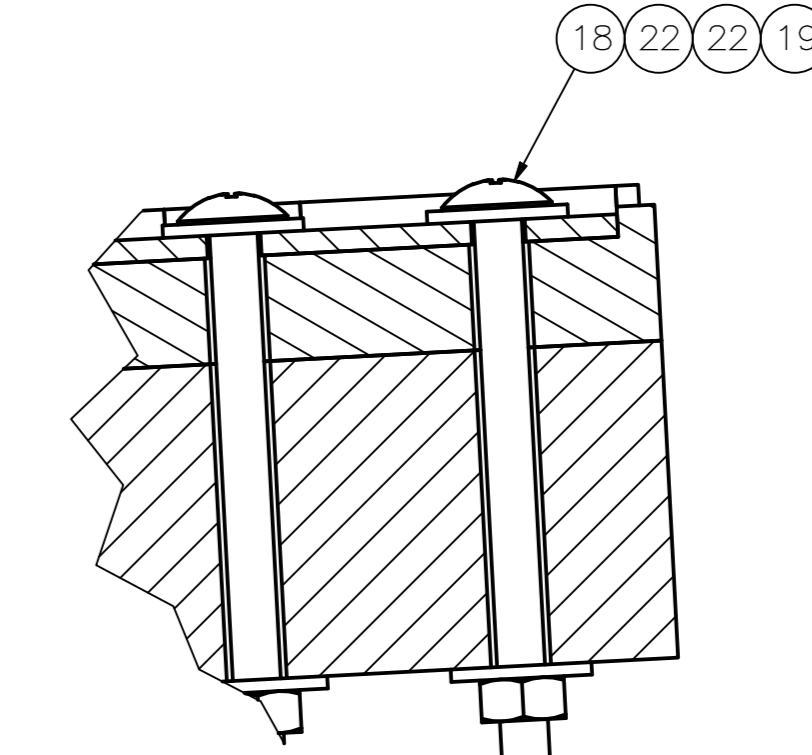
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



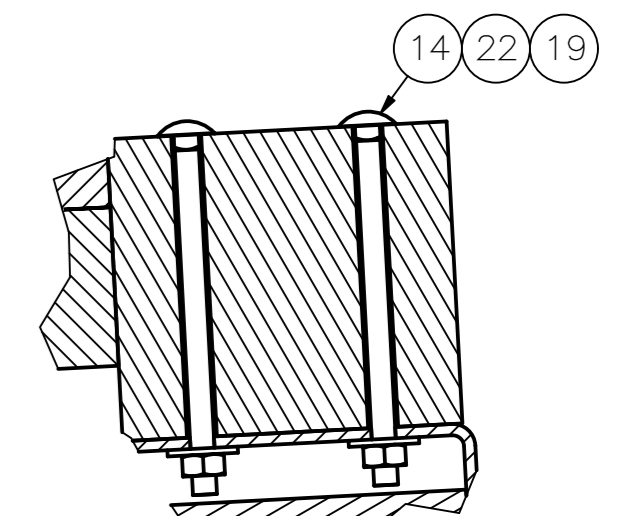
ESCALA 1:10



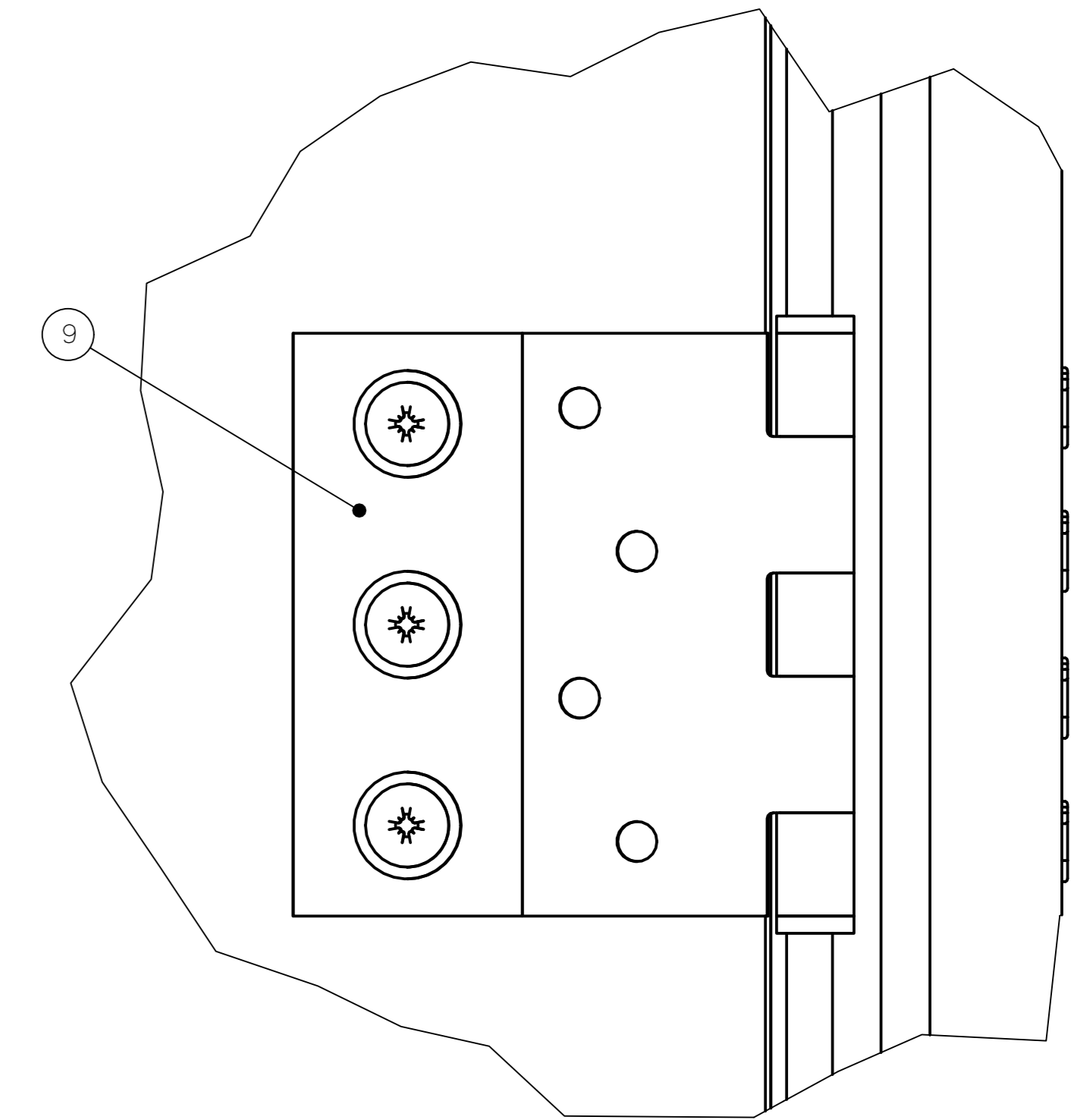
CORTE A-A
ESCALA 1:1



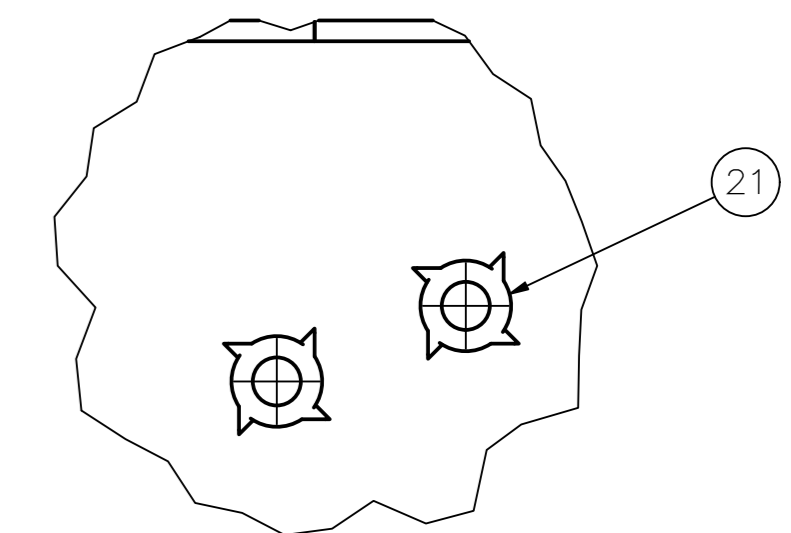
CORTE B-B
ESCALA 1:1



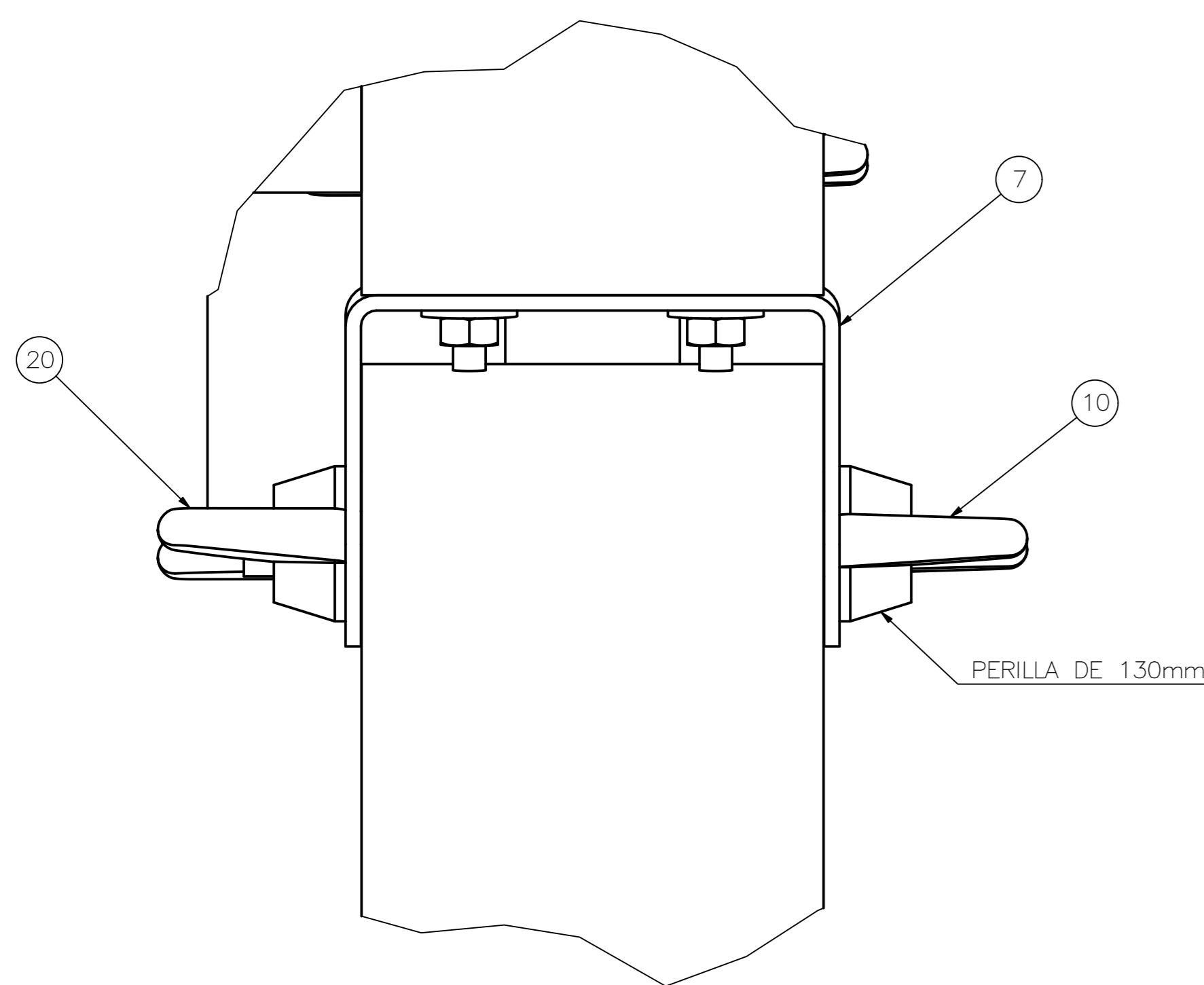
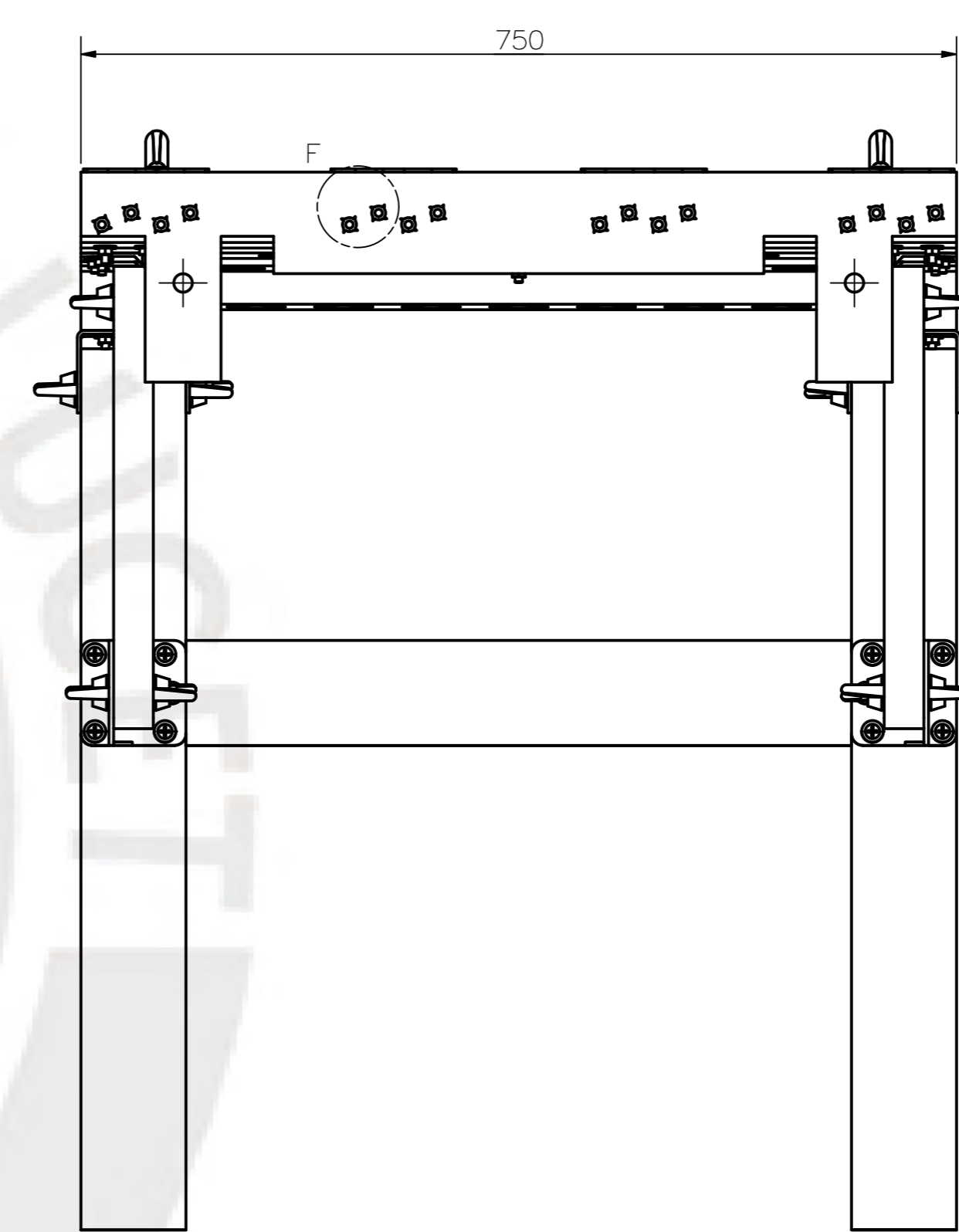
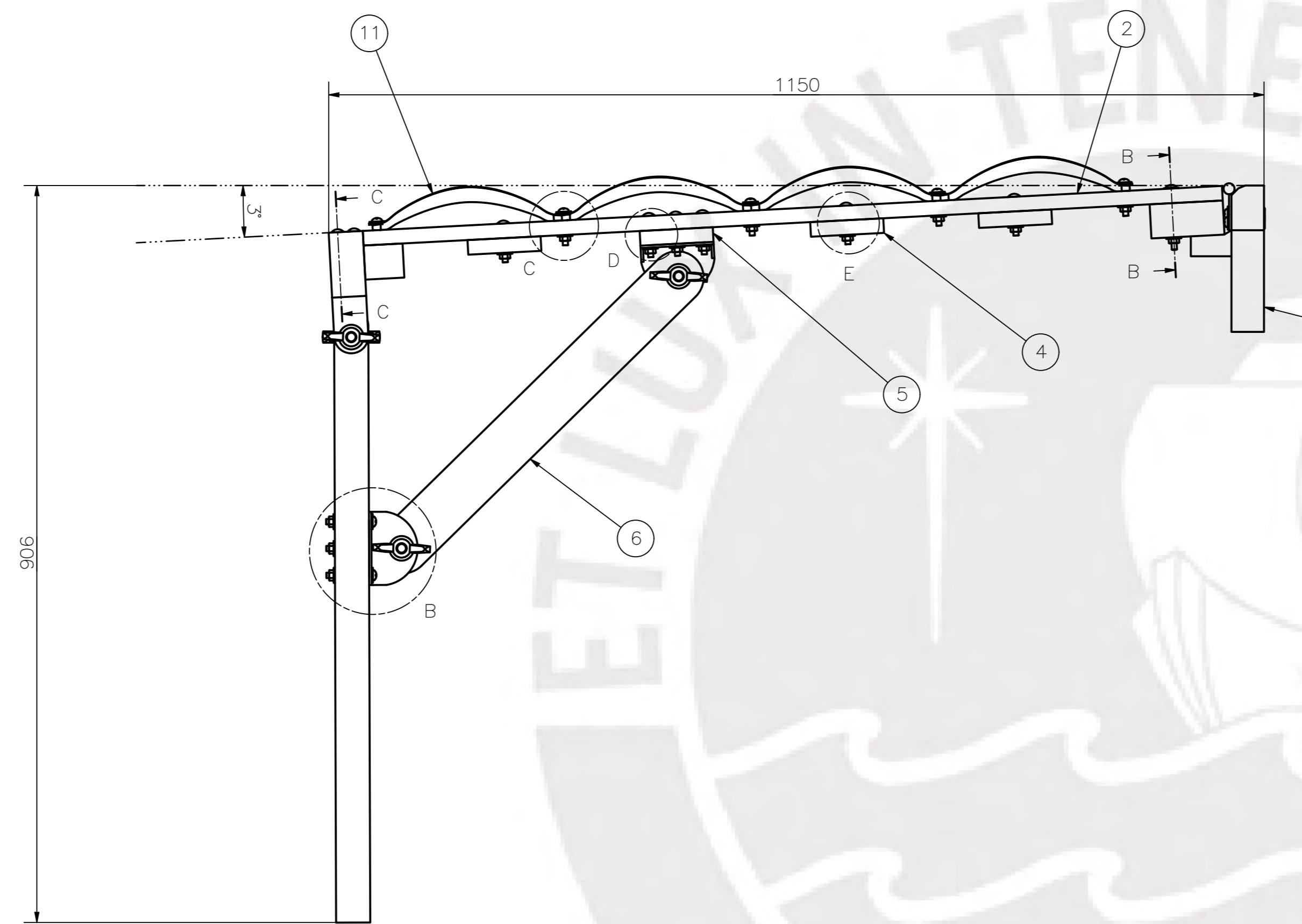
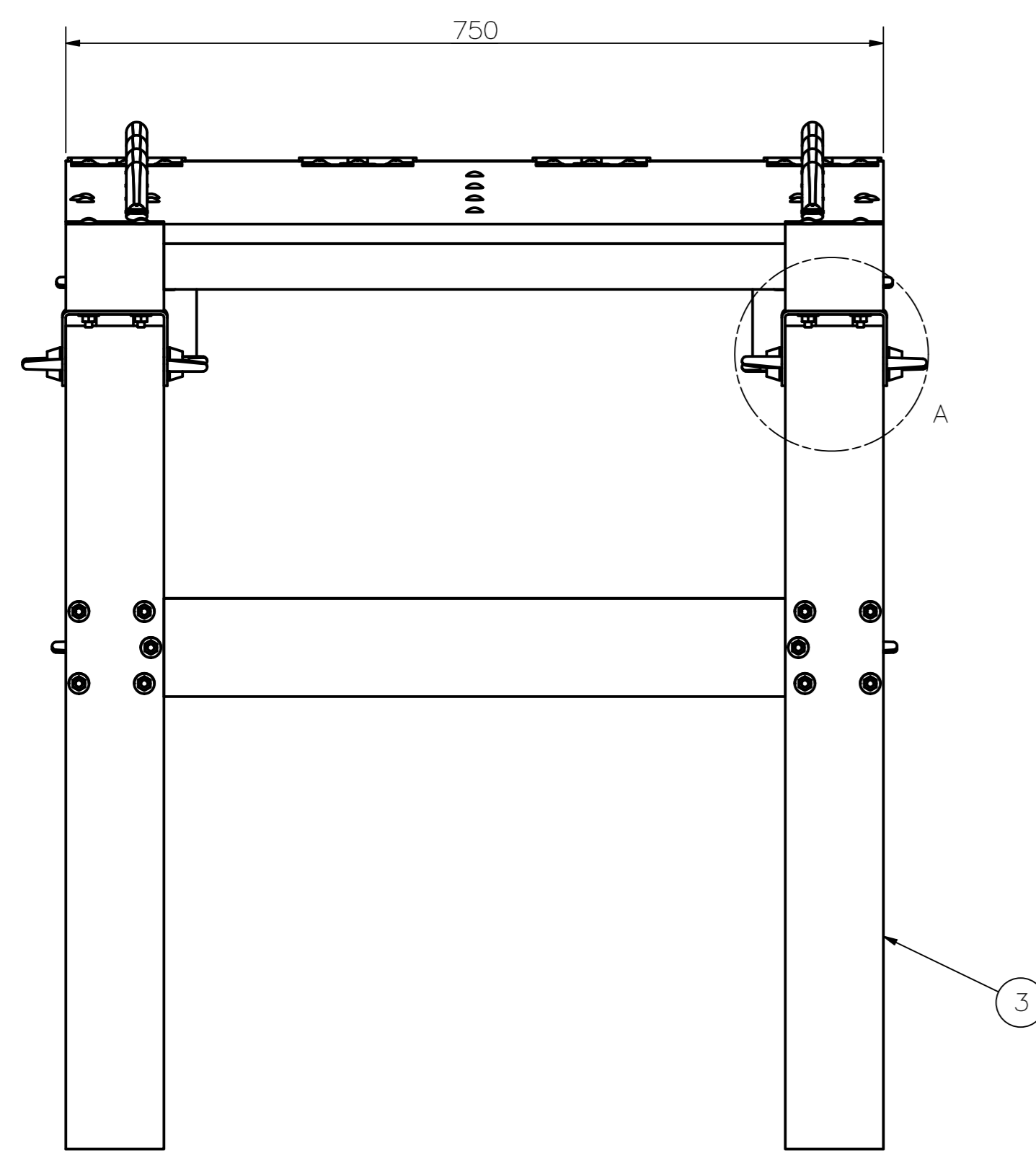
CORTE C-C
ESCALA 1:2



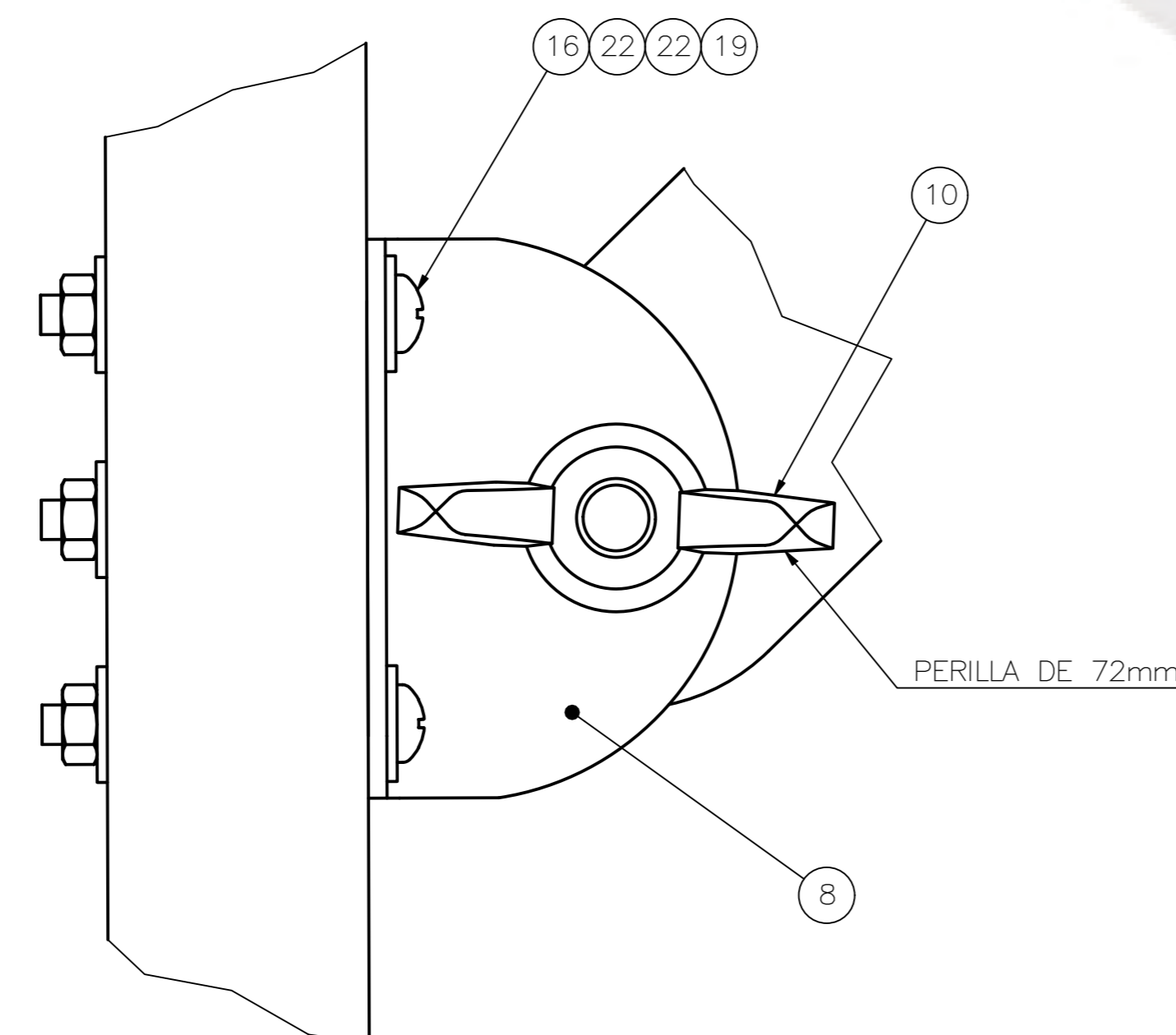
DETALLE G
ESCALA 1:1



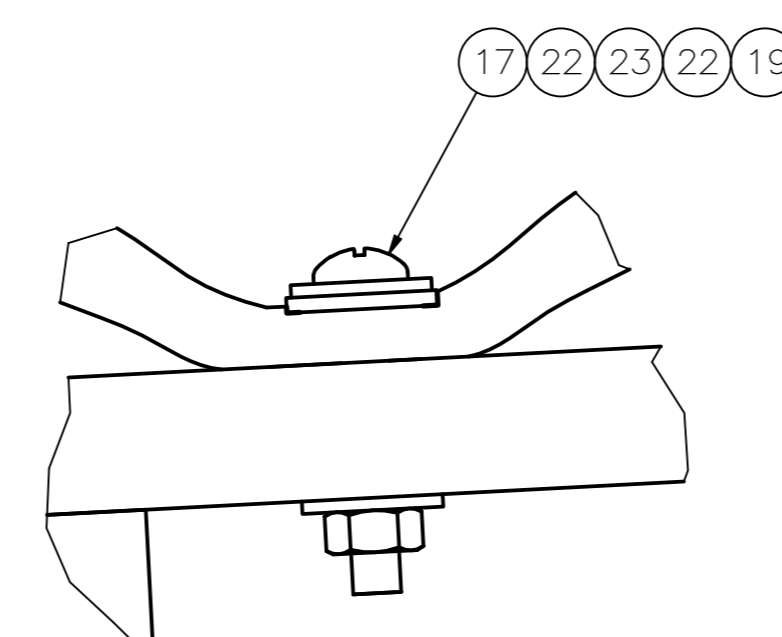
DETALLE F
ESCALA 1:1



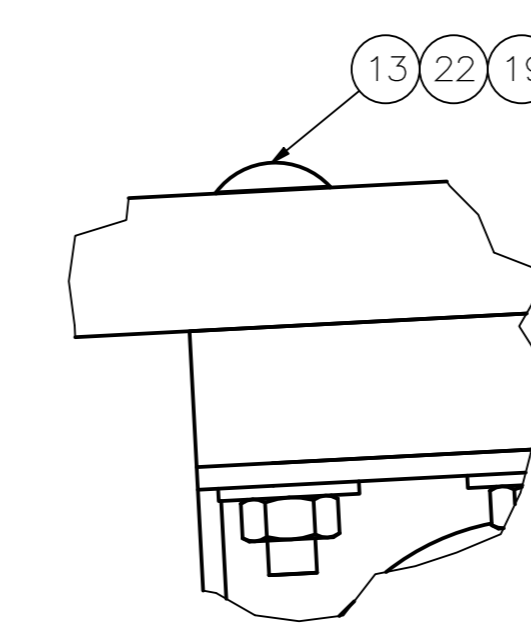
DETALLE A
ESCALA 1:1



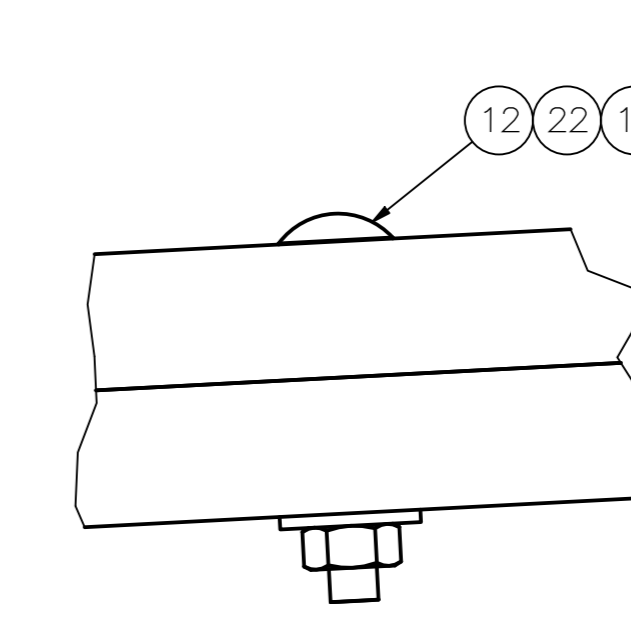
DETALLE B
ESCALA 1:1



DETALLE C
ESCALA 1:1



DETALLE D
ESCALA 1:1

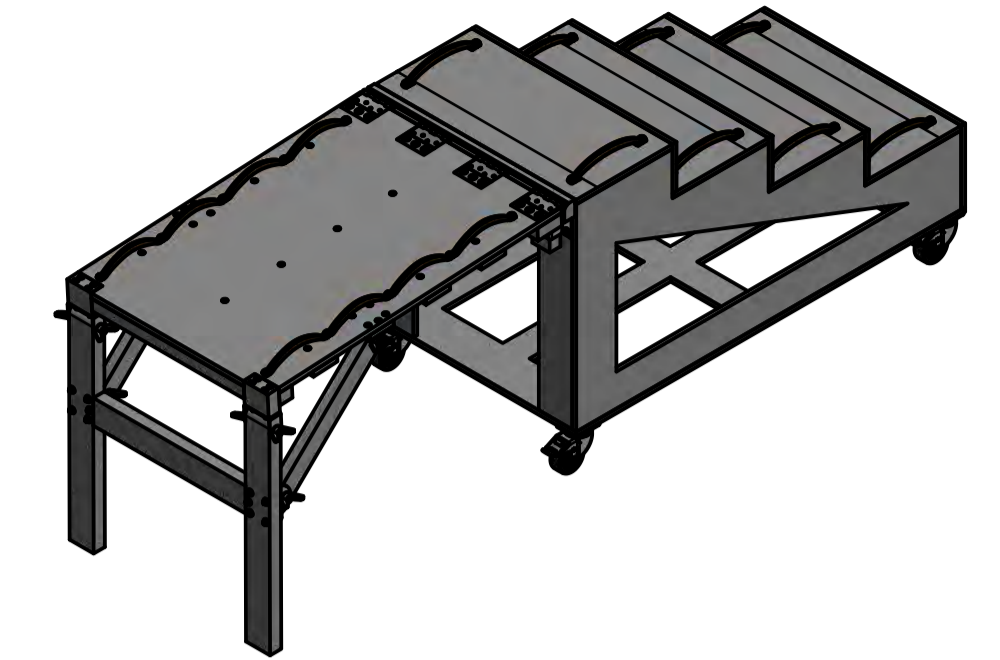
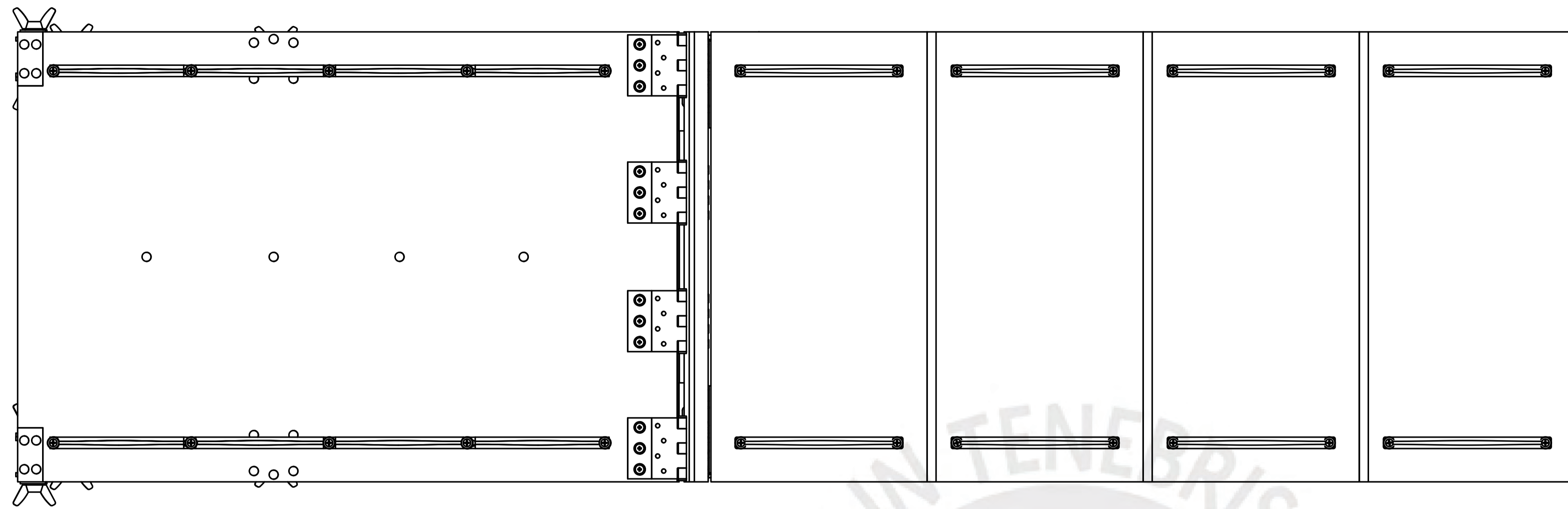


DETALLE E
ESCALA 1:1

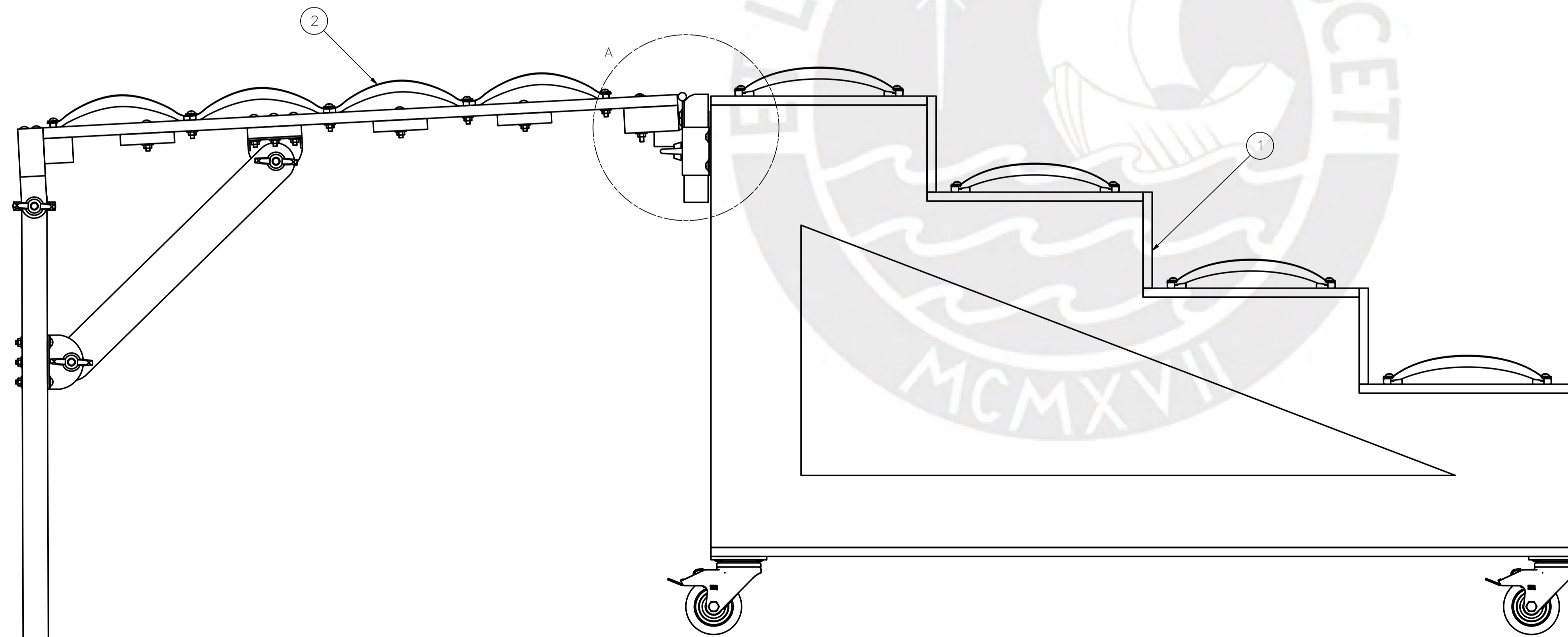
LISTA DE PARTES					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
23	10	ARANDELA PLANA 1/4"		NEOPRENO	
22	106	ARANDELA PLANA 1/4"	ANSI B18.22.1	ACERO AISI 304	
21	16	TUERCA PARA MADERA 1/4"		ACERO INOXIDADO	
20	6	TUERCA MARIPOSA 1/2"	ANSI B18.17	ACERO AISI 304	
19	58	TUERCA 1/4"	ANSI B18.22	ACERO AISI 304	
18	12	PERNO CABEZA REDONDA 1/4" x 3"	ANSI B18.6.3	ACERO AISI 304	
17	8	PERNO CABEZA REDONDA 1/4" x 1 5/8"	ANSI B18.6.3	ACERO AISI 304	
16	10	PERNO CABEZA REDONDA 1/4" x 2 1/4"	ANSI B18.6.3	ACERO AISI 304	
15	18	PERNO CABEZA REDONDA 1/4" x 1 3/4"	ANSI B18.6.3	ACERO AISI 304	
14	8	PERNO COCHE 1/4" x 3.75"	ANSI B18.5	ACERO AISI 304	
13	10	PERNO COCHE 1/4" x 2"	ANSI B18.5	ACERO AISI 304	
12	10	PERNO COCHE 1/4" x 1.875"	ANSI B18.5	ACERO AISI 304	
11	2	ACARRADERAS		VARIOS	
10	6	PERILLAS (2 MEDIDAS)		ACERO AISI 304	VER MS_P019_A3
9	4	BISAGRA ESPECIAL		ACERO AISI 304	VER MS_P018_A4
8	4	PIEZA SEMICIRCULO		ACERO AISI 316	VER MS_P017_A4
7	2	PIEZA EN U		ACERO AISI 316	VER MS_P016_A4
6	2	DIAGONAL		MADERA (PINO AMERICANO)	VER MS_P014_A4
5	1	LISTÓN TRANSVERSAL 2		MADERA (PINO AMERICANO)	VER MS_P013_A4
4	3	LISTÓN TRANSVERSAL 1		MADERA (PINO AMERICANO)	VER MS_P012_A4
3	1	SOPORTE		VARIOS	VER MS_E002_A3
2	1	PUENTE		MADERA (PINO AMERICANO)	VER MS_E001_A3
1	1	MADERA PARA INSERTAR		MADERA (PINO AMERICANO)	VER MS_P005_A2

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		
CIENCIAS E INGENIERÍA — INGENIERÍA MECATRÓNICA		
METODO DE PROYECCIÓN	SEÑAL DE UN SIMULADOR DE CAD/DISEÑO EN EL TIPO DE LÍNEA Y PARA PERFILES CON DESCRIPCIÓN MOTORA INFERIOR	ESCALA
	ENSAMBLE PUENTE	1:10
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AÑO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CÉSAR A.	LÁMINA: MS_E004_A0

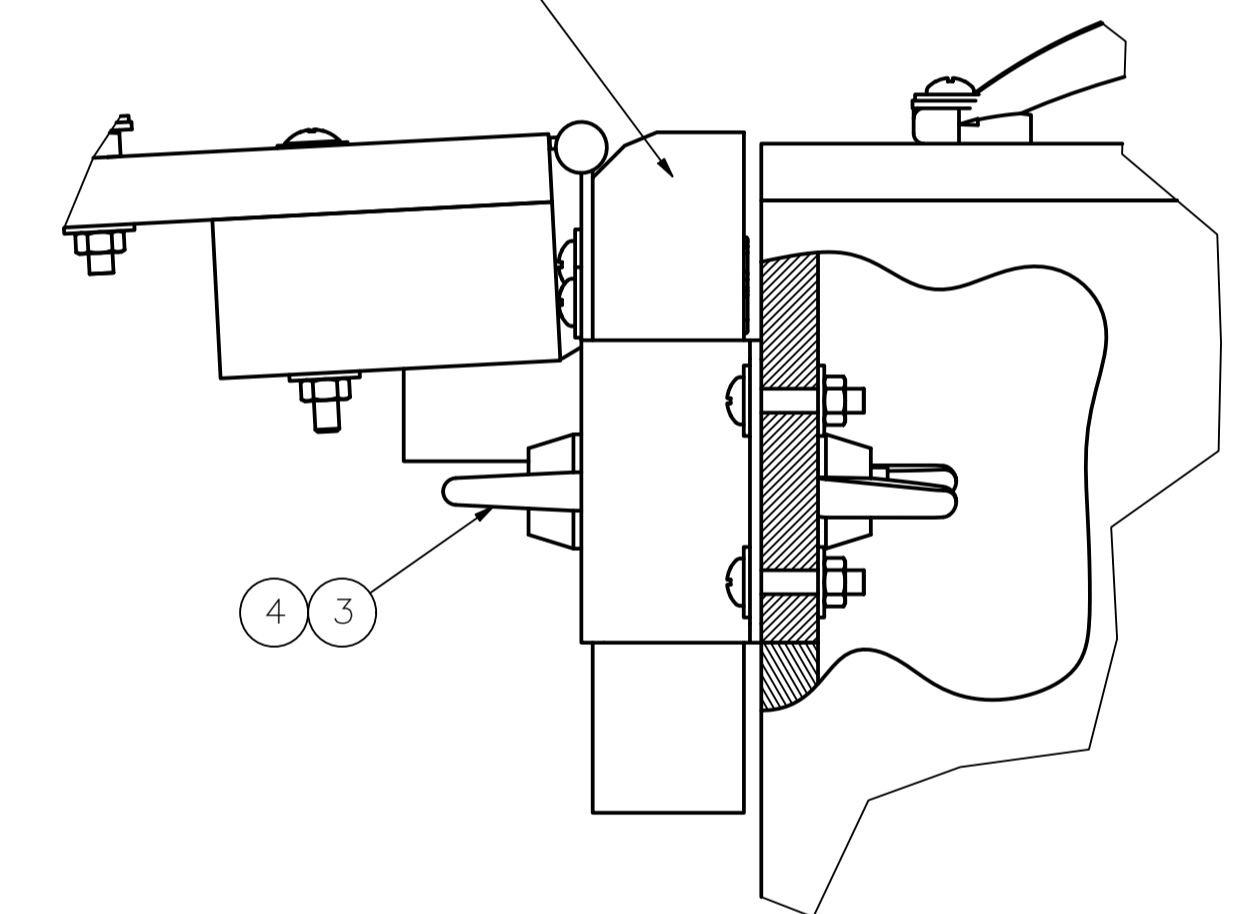
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



ESCALA 1:20



INSERTAR COMO SE INDICA

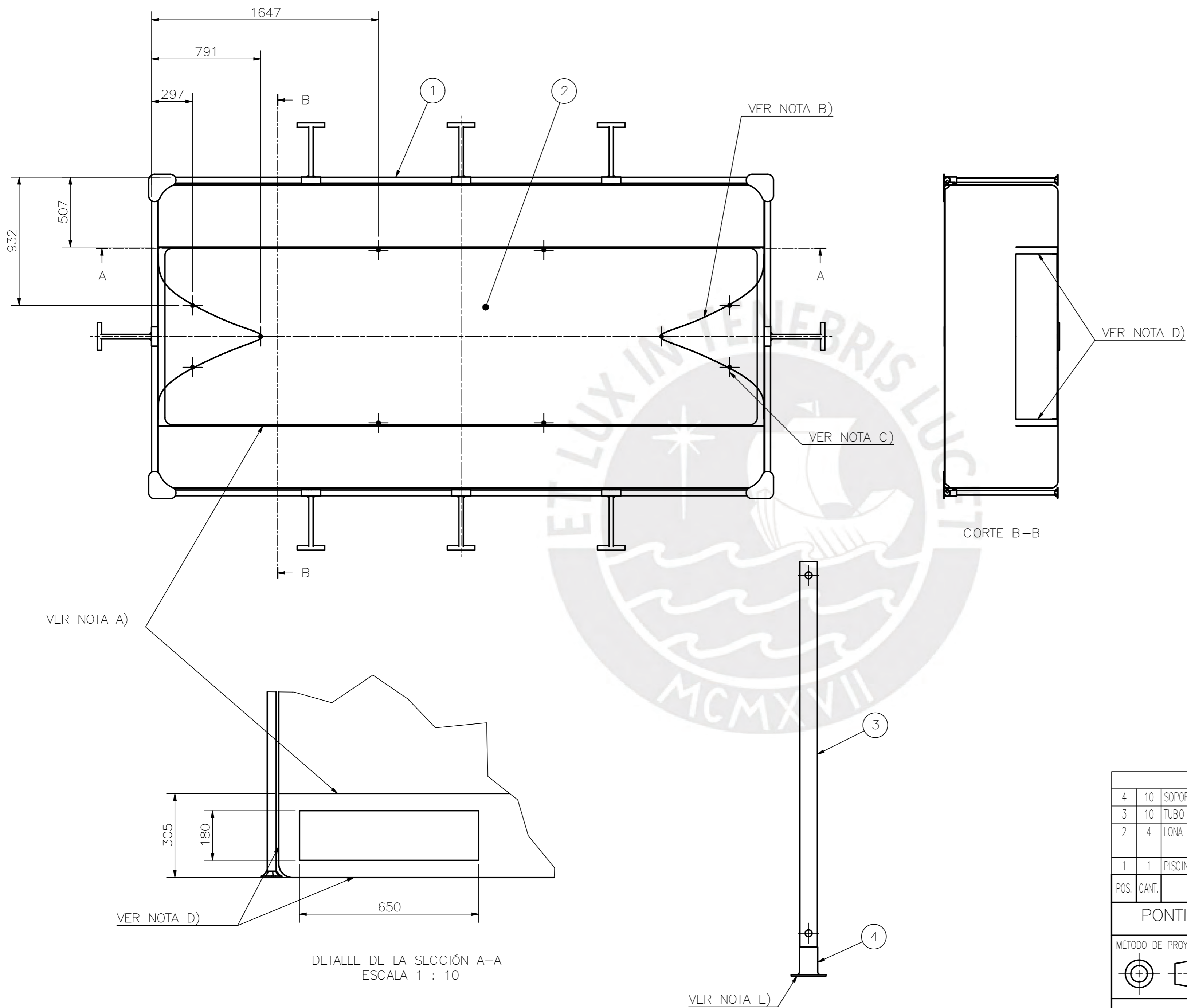


DETALLE A
ESCALA 1:2

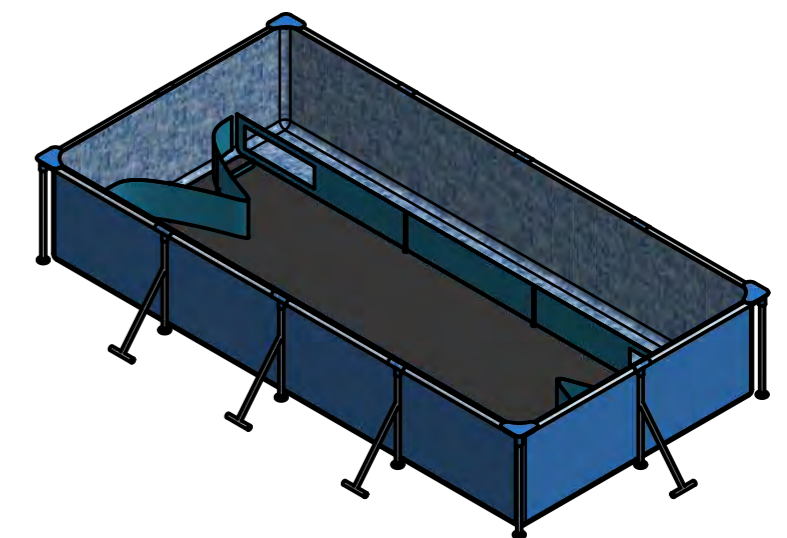
LISTA DE PARTES					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
4	2	TUERCA MARIPOSA 1/2"	ANSI B18.17	AISI 304	
3	2	PERILLA 95 mm		AISI 304	VER MS_P019_A3
2	1	ENSAMBLE PUENTE		VARIOS	VER MS_E004_A0
1	1	ESCALERA		VARIOS	VER MS_E003_A0

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINESICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INTERIOR	ESCALA
	SISTEMA DE ENTRADA Y SALIDA	1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MS_E005_A1

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



- A) LOS DIVISORES DE FLUJO SE FABRICAN CON 2 TELAS PLASTIFICADAS DE 305x4500 APROXIMADAMENTE.
- B) LOS GUIADORES DE FLUJO SE FABRICAN CON 2 TELAS PLASTIFICADAS DE 305x2100 APROXIMADAMENTE.
- C) LAS CRUCES REPRESENTAN LAS POSICIONES DE LAS VARILLAS DE ALUMINIO. LAS TELAS SE SUJETAN A LAS VARILLAS AMARRANDO PASADORES QUE PASAN POR LOS OJALES DE LAS TELAS Y DE LOS AGUJEROS DE LAS VARILLAS. LAS VARILLAS PERMITEN TENSAR LAS TELAS DE LOS SEPARADORES DE FLUJO Y EN EL CASO DE LOS GUIADORES PERMITE, A SU VEZ, CONSEGUIR UNA FORMA CURVA.
- D) LAS TELAS PLASTIFICADAS SE ADHIEREN A LAS PAREDES Y SUPERFICIE DE LA PISCINA CON PEGAMENTO PVC SEGÚN LO INDICADO. REALIZAR UN PEQUEÑO DOBLEZ PARA PODER PEGAR LAS TELAS.
- E) ADHERIR LOS SOPORTES DE LAS VARILLAS AL PISO ANTIDESLIZANTE DE CAUCHO CON PEGAMENTO PVC.

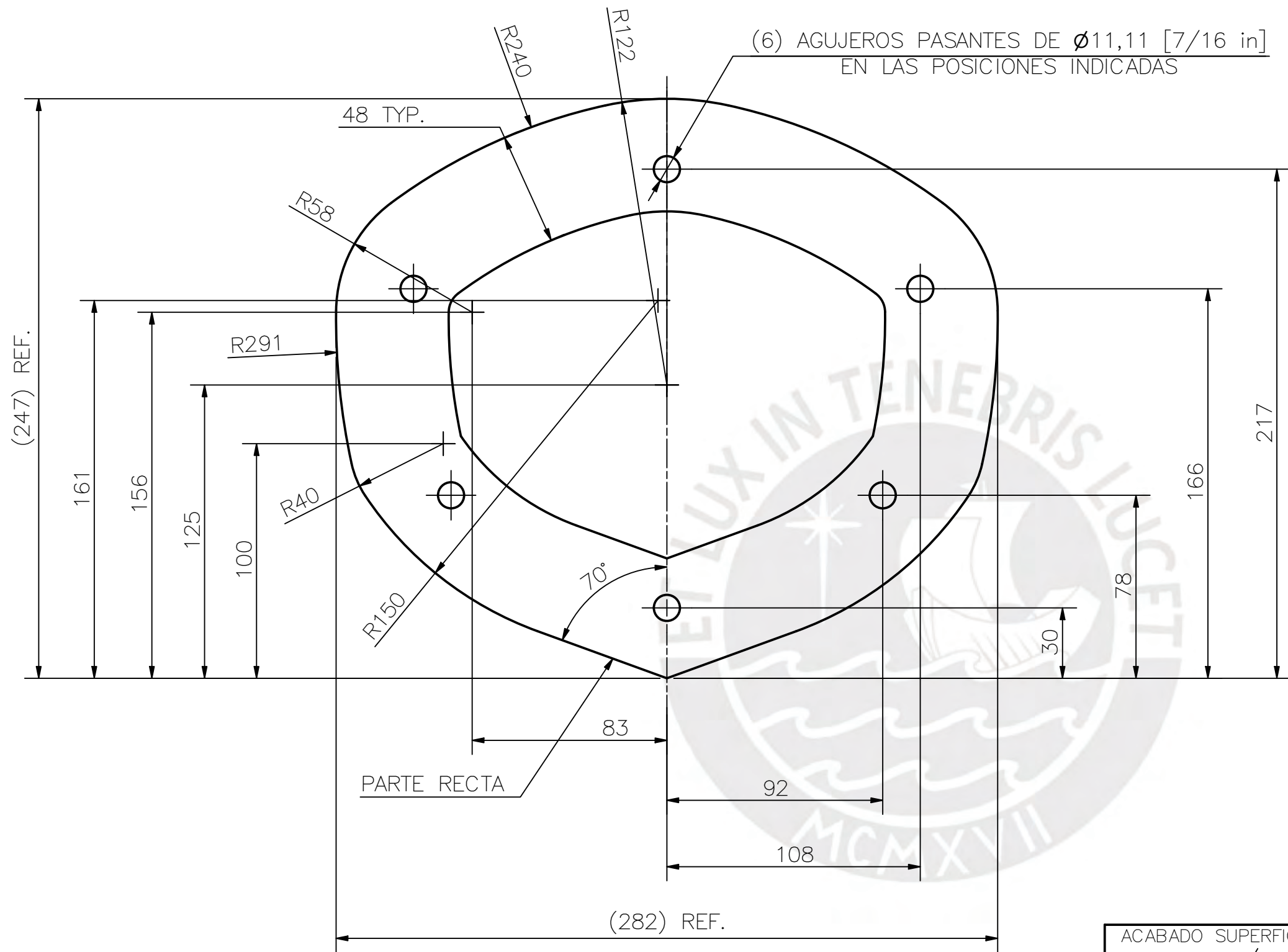


ESCALA 1:50

LISTA DE PARTES					
4	10	SOPORTE DE VARILLA		PLÁSTICO PLA	
3	10	TUBO 12x0.75x300		ALUMINIO 6061	
2	4	LONA PLASTIFICADA CONCORD		PLÁSTICO	MEDIDAS EN LAS NOTAS C) Y D)
1	1	PISCINA ESTRUCTURAL			INTEX 4.5x2.2x0.84 m
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOAJE V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA
	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN	1:20
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MR_E001_A2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



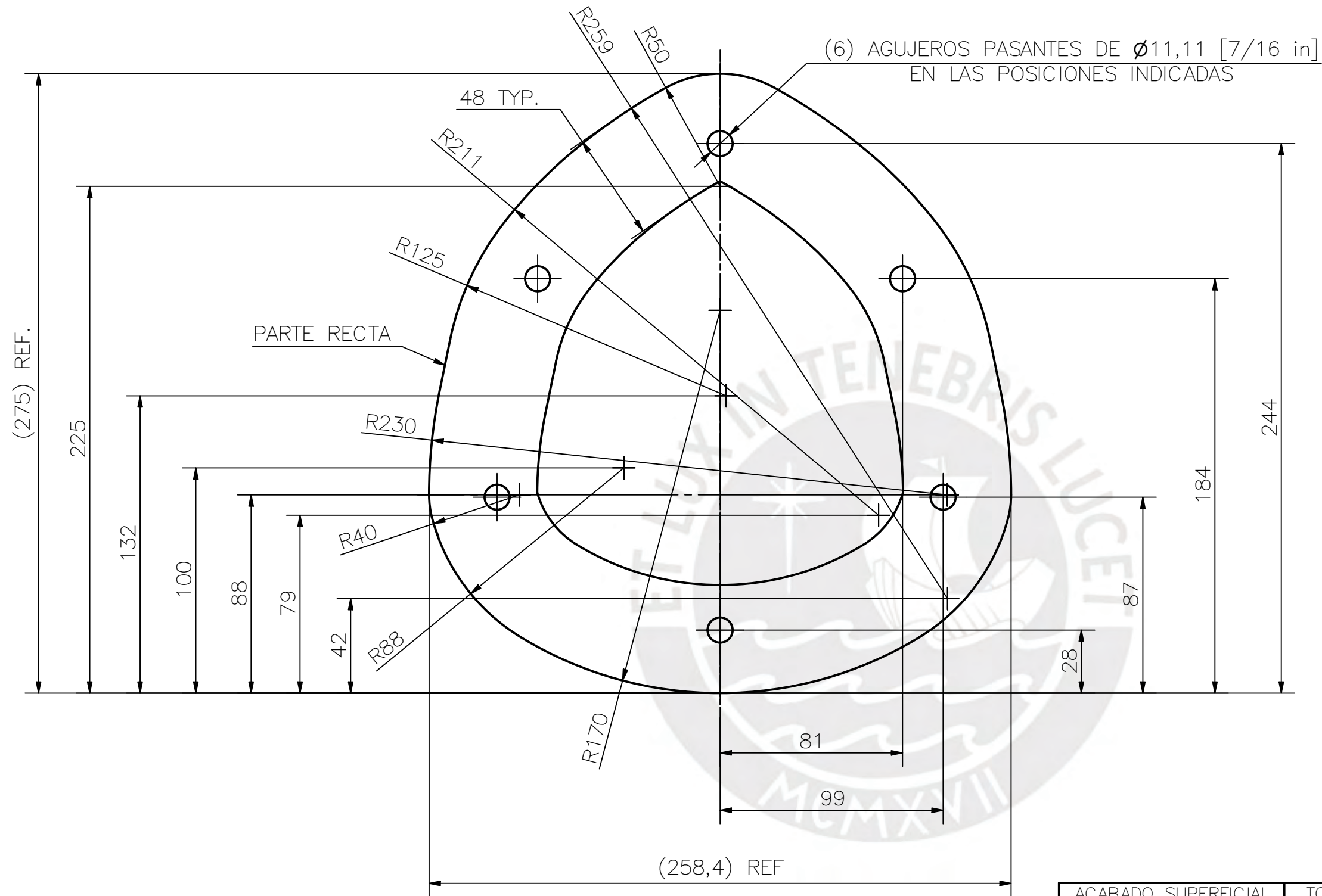
¡IMPORTANTE!
 EL PLANO PERMITE FABRICAR 2 PIEZAS DIFERENTES.
 1) EMPAQUETADURA DE CAUCHO DE NITRILLO (NBR – DUREZA SHORE A 60 ± 5) DE LA POPA. ESPESOR = 5 mm. TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7715-5 (CLASE P2).
 2) BRIDA DE FIBRA DE VIDRIO DE LA POPA. ESPESOR = 6mm. TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN RECOMENDACIONES DE LA EMPRESA PERFORMANCE COMPOSITES INC.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN PERFORMANCE COMPOSITES INC.	
LADO DE LA HERRAMIENTA	±0,01"
OTRO LADO DE LA HERRAMIENTA	±0,03"
ENCOGIMIENTO	0,002%

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7715-5 (CLASE P2)												
DIMENSIÓN NOMINAL	Hasta 1,6	Más de 1,6 hasta 4	Más de 4 hasta 6,3	Más de 6,3 hasta 10	Más de 10 hasta 25	Más de 25 hasta 40	Más de 40 hasta 63	Más de 63 hasta 100	Más de 100 hasta 160	Más de 160 hasta 250	Más de 250 hasta 400	Más de 400
TOLERANCIA	±0,2	±0,3	±0,4	±0,5	±0,6	±0,8	±1	±1,2	±1,4	±1,6	±2,5	0,8%

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------

ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL VER NOTA	MATERIAL VER NOTA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:2
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MF-P001_A3



¡IMPORTANTE!
 EL PLANO PERMITE FABRICAR 2 PIEZAS DIFERENTES.
 1) EMPAQUETADURA DE CAUCHO DE NITRILO (NBR - DUREZA SHORE A 60 \pm 5) DE LA PROA. ESPESOR = 5mm. TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7715-5 (CLASE P2).
 2) BRIDA DE FIBRA DE VIDRIO DE LA PROA. ESPESOR = 6mm. TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN RECOMENDACIONES DE LA EMPRESA PERFORMANCE COMPOSITES INC.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN PERFORMANCE COMPOSITES INC.	
LADO DE LA HERRAMIENTA	$\pm 0,01''$
OTRO LADO DE LA HERRAMIENTA	$\pm 0,03''$
ENCOGIMIENTO	0,002%

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7715-5 (CLASE P2)												
DIMENSIÓN NOMINAL	Hasta 1,6	Más de 1,6 hasta 4	Más de 4 hasta 6,3	Más de 6,3 hasta 10	Más de 10 hasta 25	Más de 25 hasta 40	Más de 40 hasta 63	Más de 63 hasta 100	Más de 100 hasta 160	Más de 160 hasta 250	Más de 250 hasta 400	Más de 400
TOLERANCIA	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	± 1	$\pm 1,2$	$\pm 1,4$	$\pm 1,6$	$\pm 2,5$	0.8%

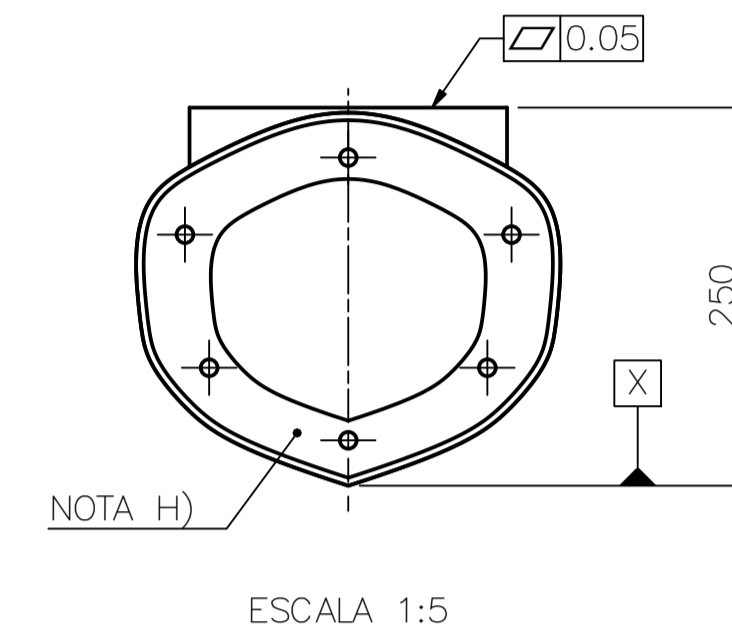
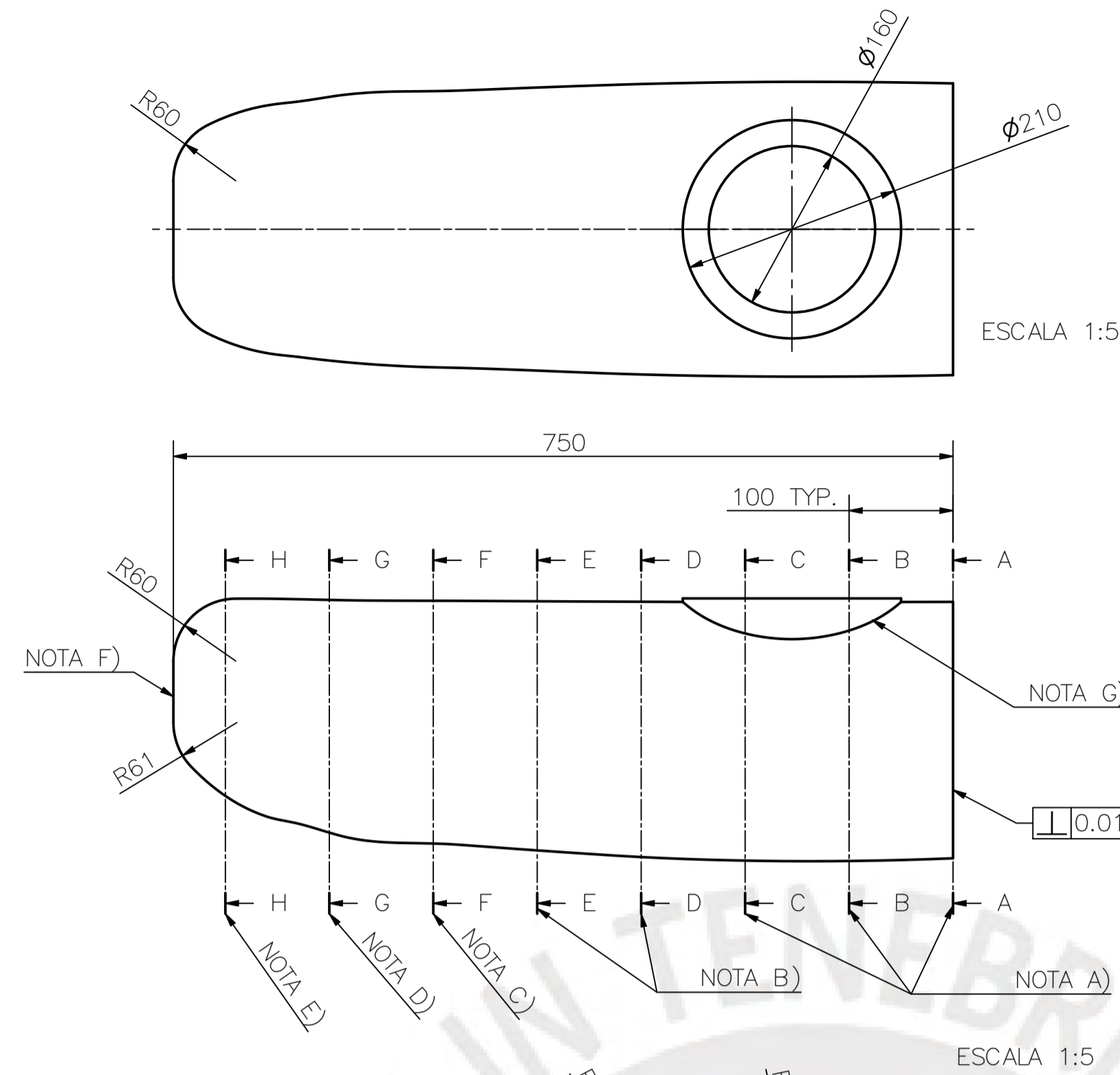
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------

ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL VER NOTA	MATERIAL VER NOTA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:2
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MF_P002_A3

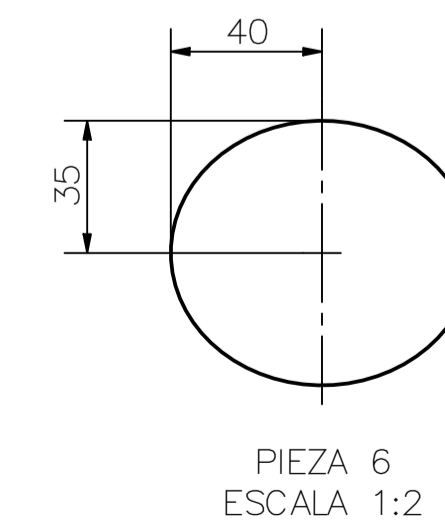
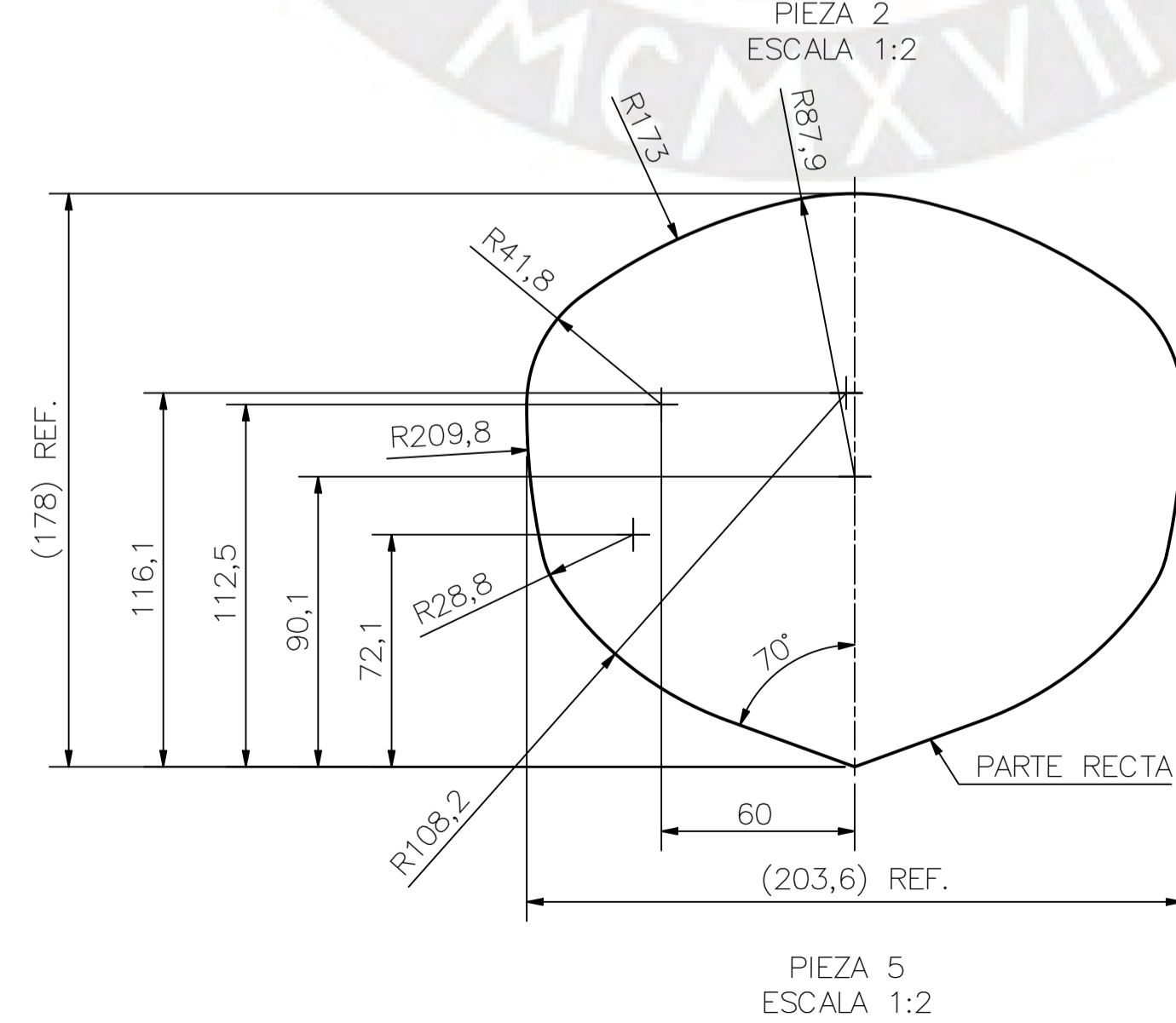
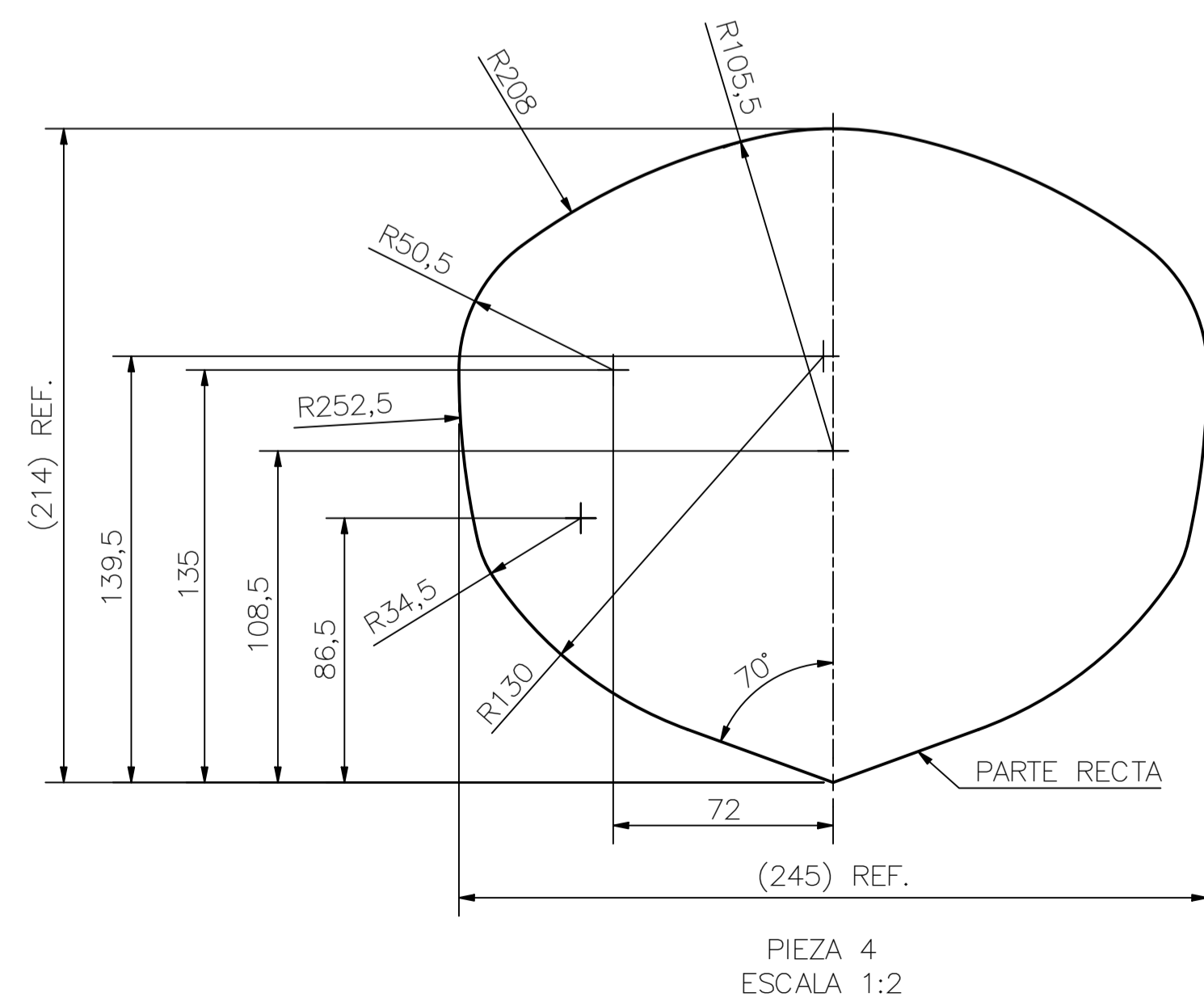
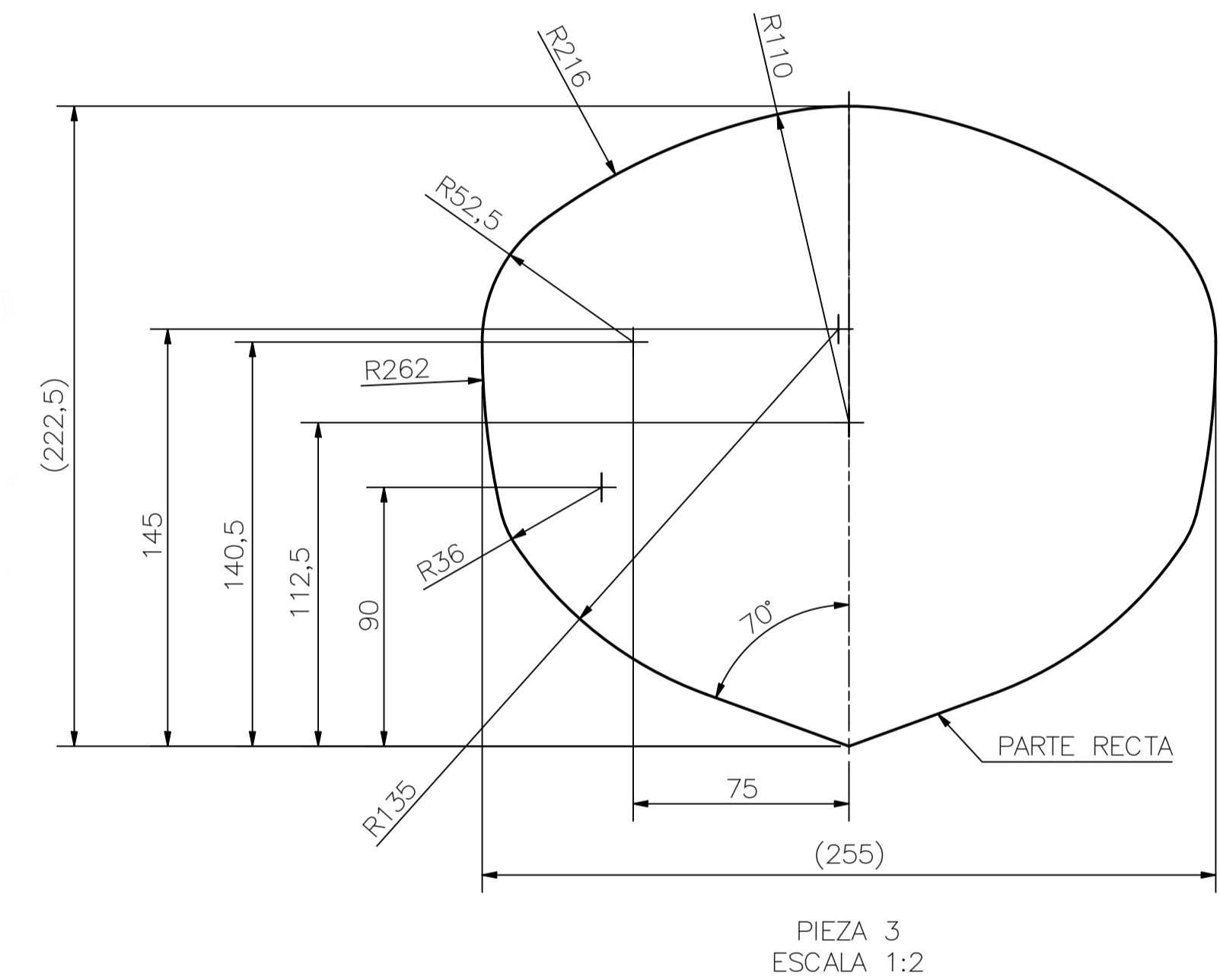
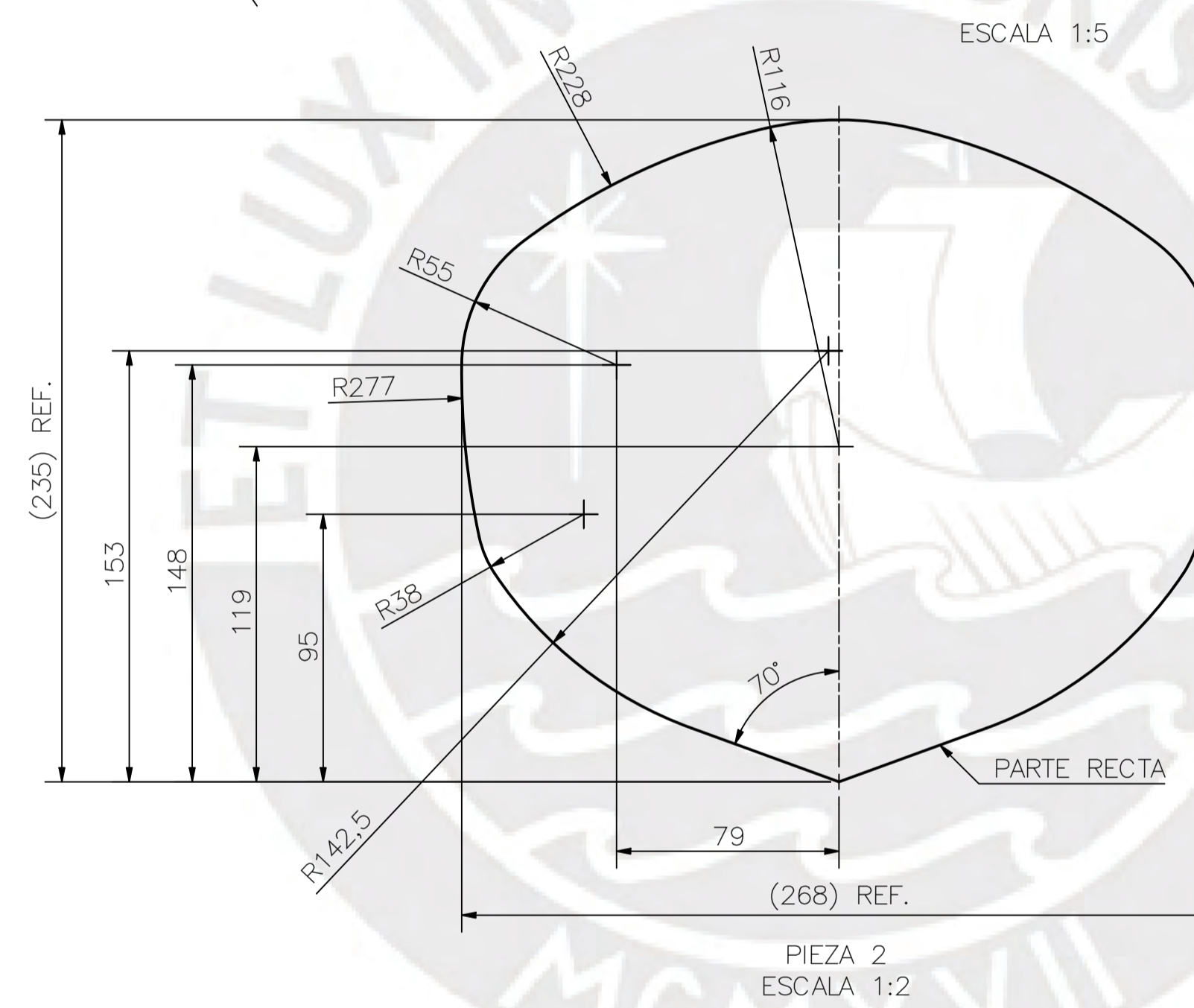
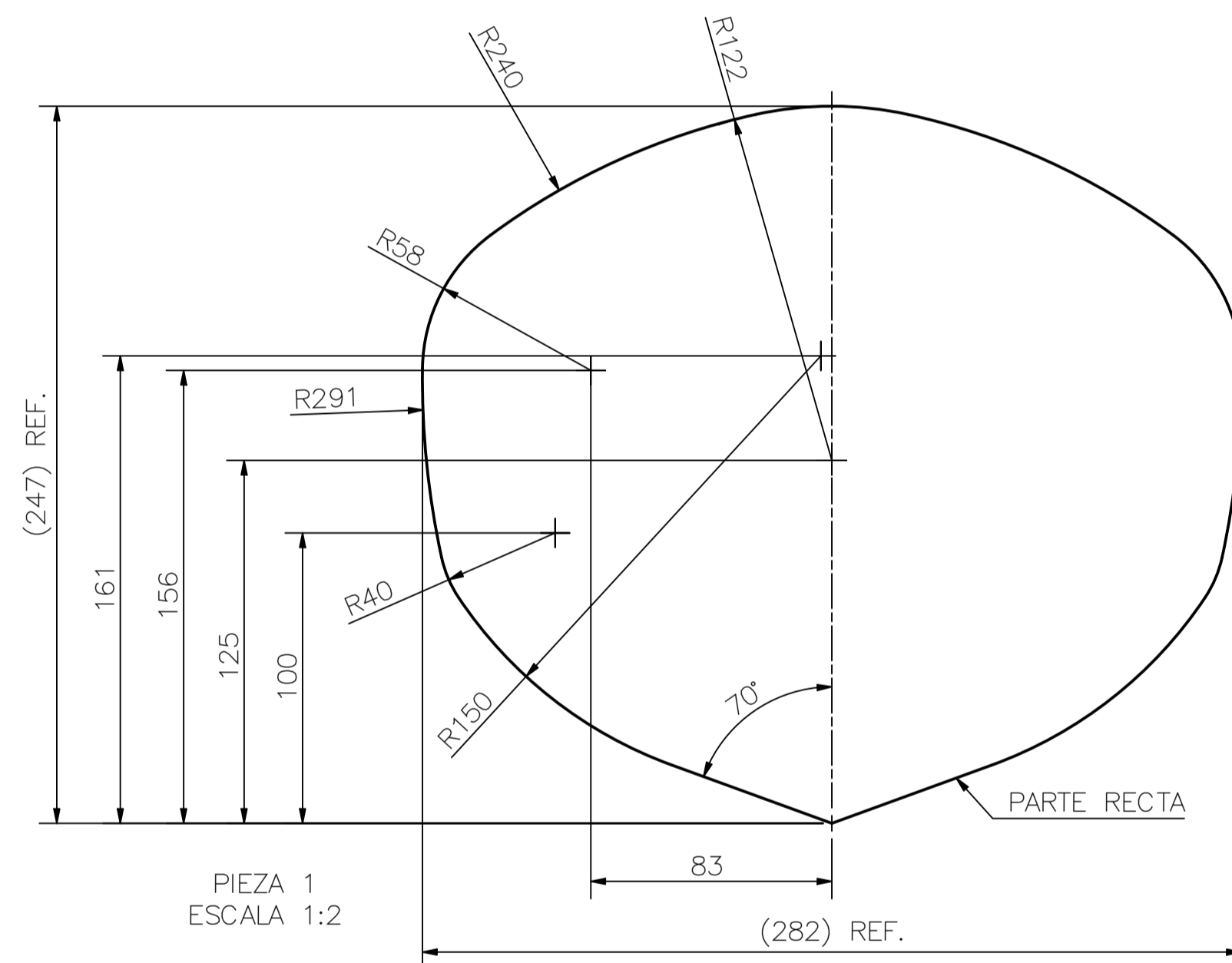
TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN ISO 9013 (CLASE 2)								
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor a 3	Desde 3 hasta menor a 10	Desde 10 hasta menor a 35	Desde 35 hasta menor a 125	Desde 125 hasta menor a 315	Desde 315 hasta menor a 1000	Desde 1000 hasta menor a 2000	Desde 2000 hasta menor a 4000
TOL. PARA ESPESOR DE 1 A 3,15	±0,2	±0,4	±0,5	±0,7	±0,8	±0,9	±1	±1,1
TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN PERFORMANCE COMPOSITES INC.								
LADO DE LA HERRAMIENTA	±0,01"							
OTRO LADO DE LA HERRAMIENTA	±0,03"							
ENCOCIMIENTO	0,002%							



ESCALA 1:5



- A) LAS DIMENSIONES DEL MOLDE PARA LAS SECCIONES A, B Y C CORRESPONDEN A LA PIEZA 1.
- B) LAS DIMENSIONES DEL MOLDE DE LAS SECCIONES D Y E CORRESPONDEN A LA PIEZA 2.
- C) LAS DIMENSIONES DEL MOLDE DE LA SECCIÓN F CORRESPONDEN A LA PIEZA 3.
- D) LAS DIMENSIONES DEL MOLDE DE LA SECCIÓN G CORRESPONDEN A LA PIEZA 4.
- E) LAS DIMENSIONES DEL MOLDE DE LA SECCIÓN H CORRESPONDEN A LA PIEZA 5.
- F) LAS DIMENSIONES DE LA CARA EXTERNA DEL MOLDE CORRESPONDEN A LA PIEZA 6. REDONDEAR CON FIBRA DE VIDRIO.
- G) REDONDEAR BORDES CON FIBRA DE VIDRIO.
- H) ADHERIR LA BRIDA DE FIBRA DE VIDRIO (PLANO MF_P001_A3) A LA CARA EXTERIOR. ESTA PIEZA SE ADHIERE CON RESINA Y CATALIZADOR, Y SE FUERZA CON FIBRA DE VIDRIO POR DENTRO.



IMPORTANTE:

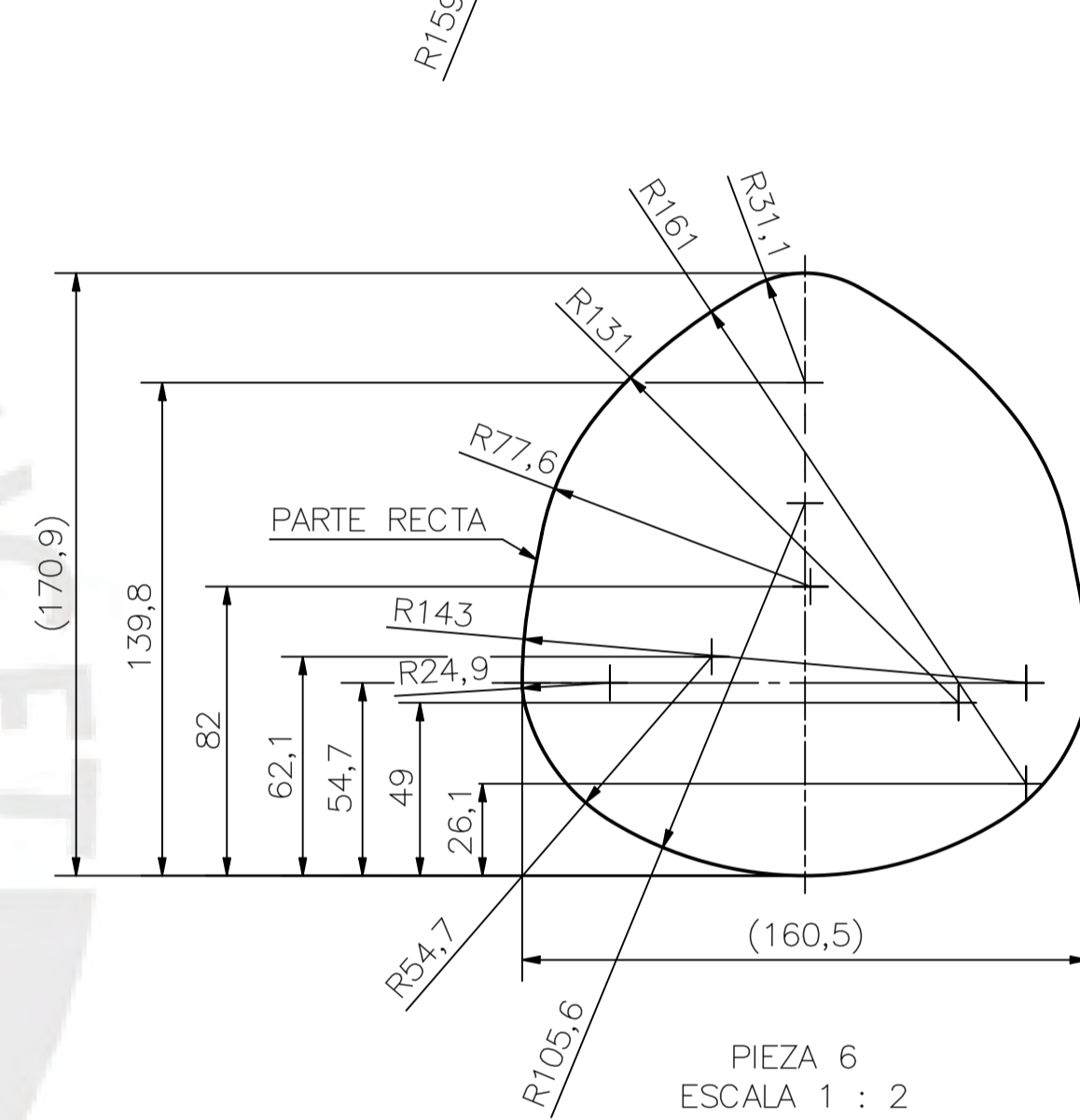
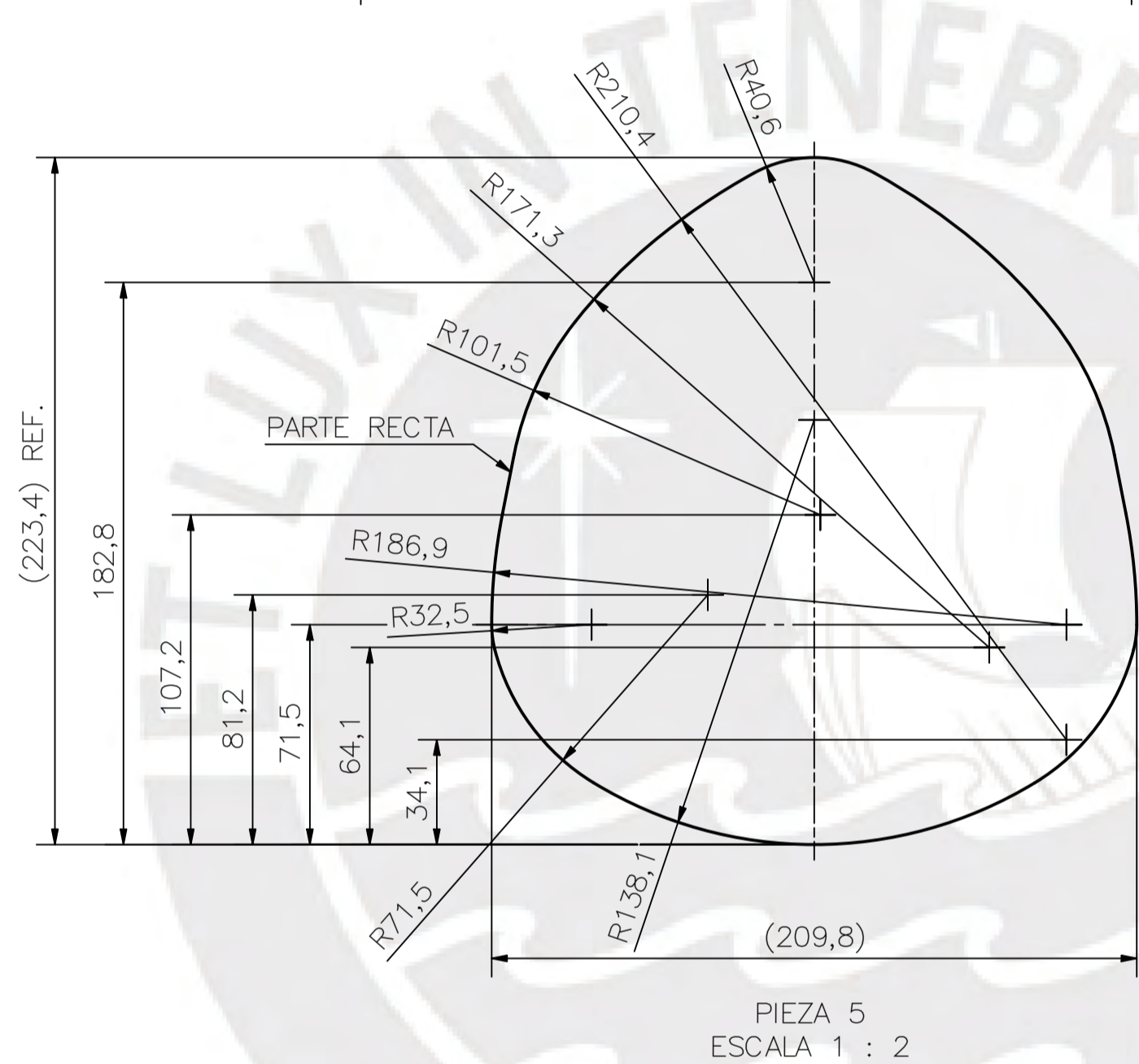
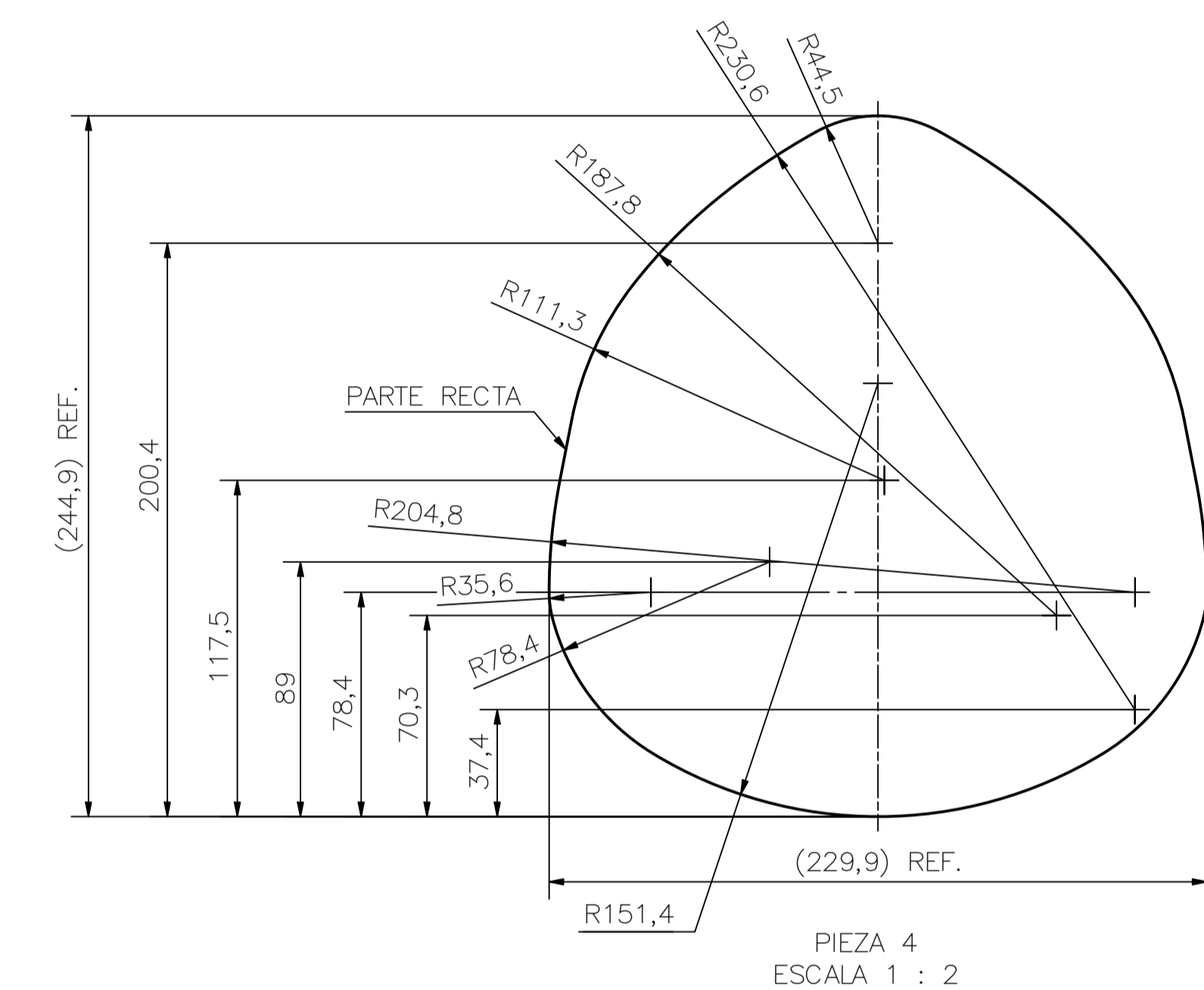
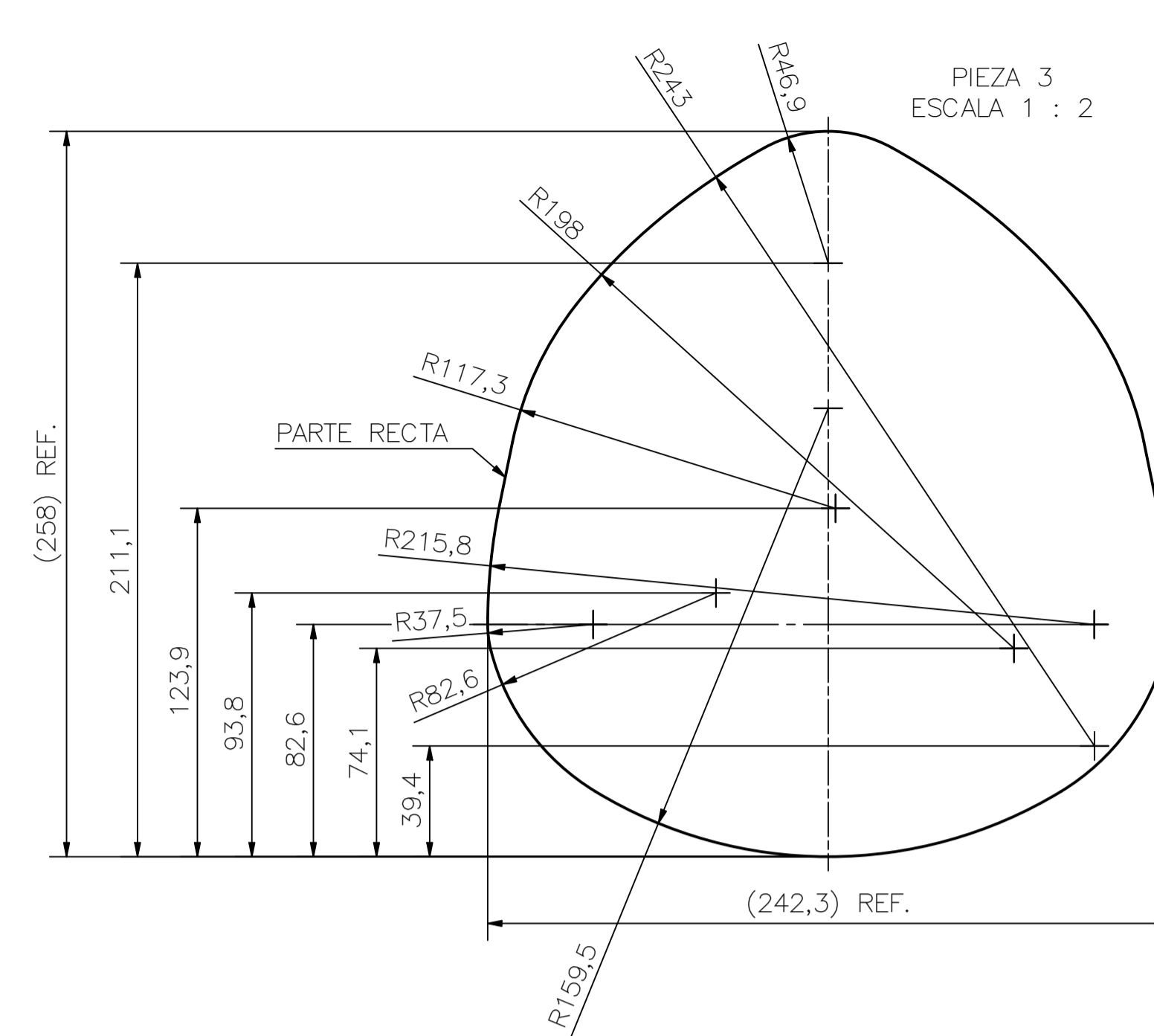
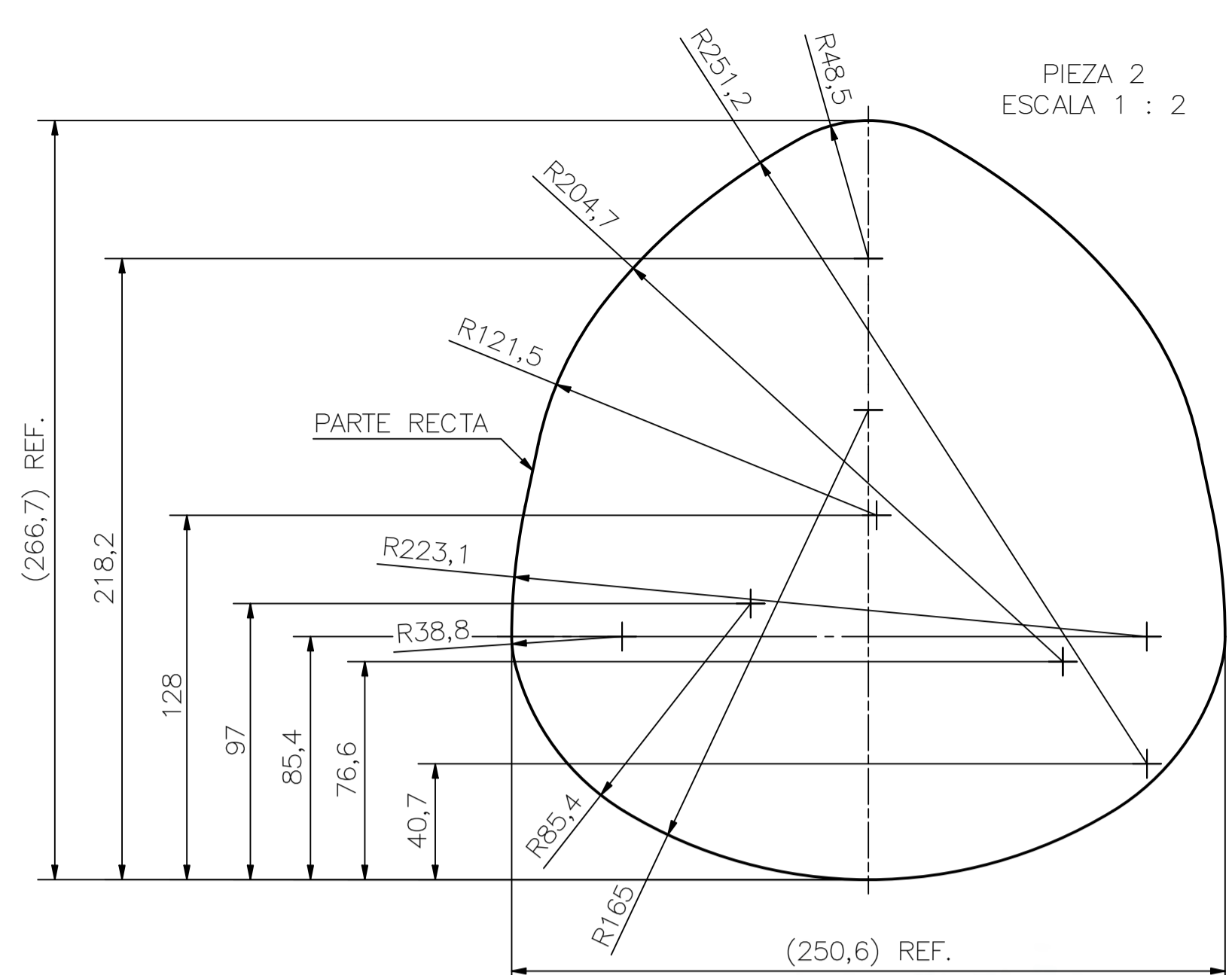
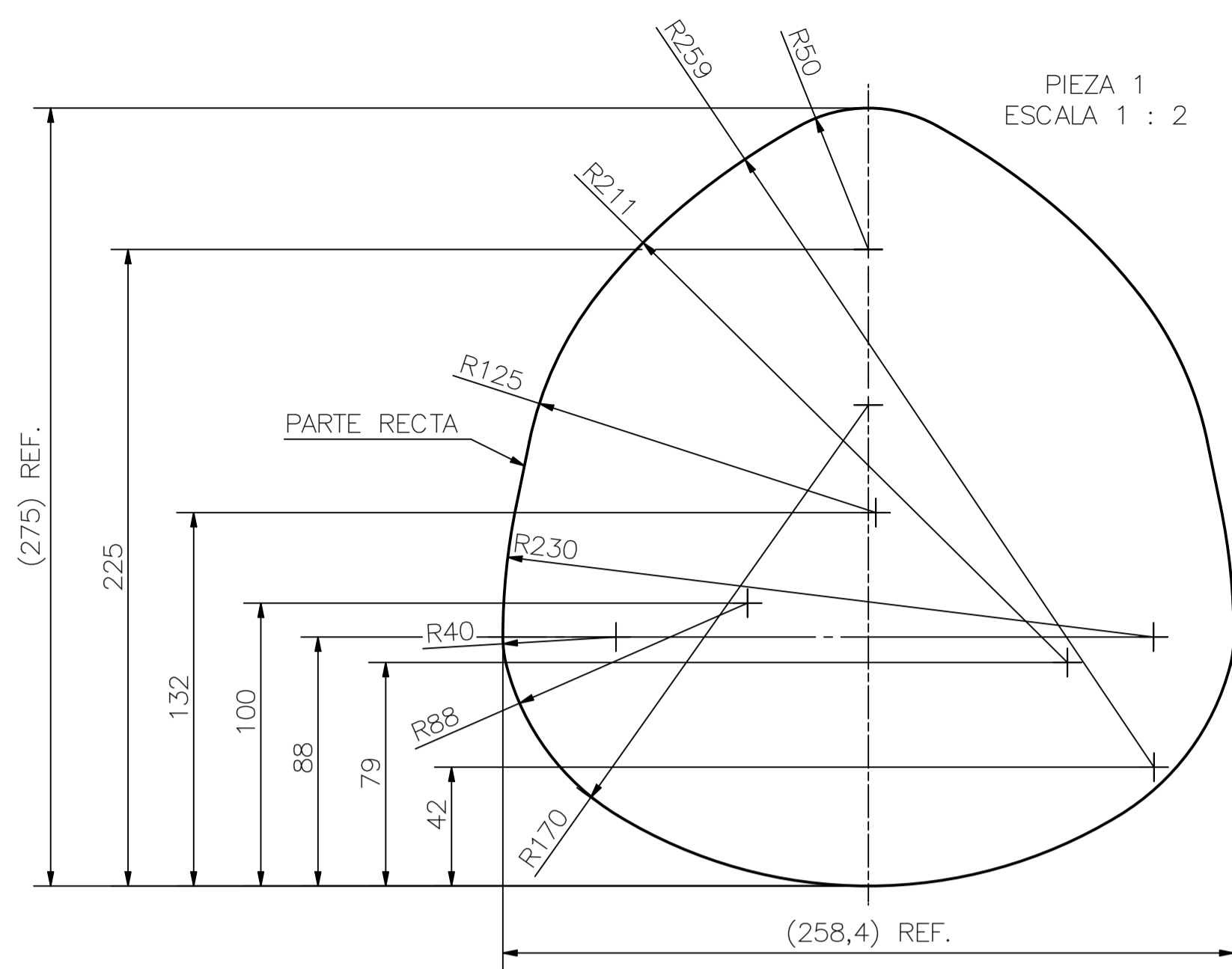
EL PLANO PRESENTA LAS DIMENSIONES INTERNAS DE LAS SECCIONES DEL FLOTADOR DE LA POPA. ESTAS SECCIONES FORMAN UN ESQUELETO, EL CUAL SIRVE DE GUÍA AL FABRICANTE PARA RECUBRIR CON FIBRA DE VIDRIO. LUEGO DE SECAR (MEDIO DÍA) SE RETIRA EL ESQUELETO Y SE CONSIGUE EL SÓLIDO.

SE RECOMIENDA FABRICAR LAS FIGURAS EN CARTÓN MDF DE 3mm. CORTE LÁSER. TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN ISO 9013 (CLASE 2).

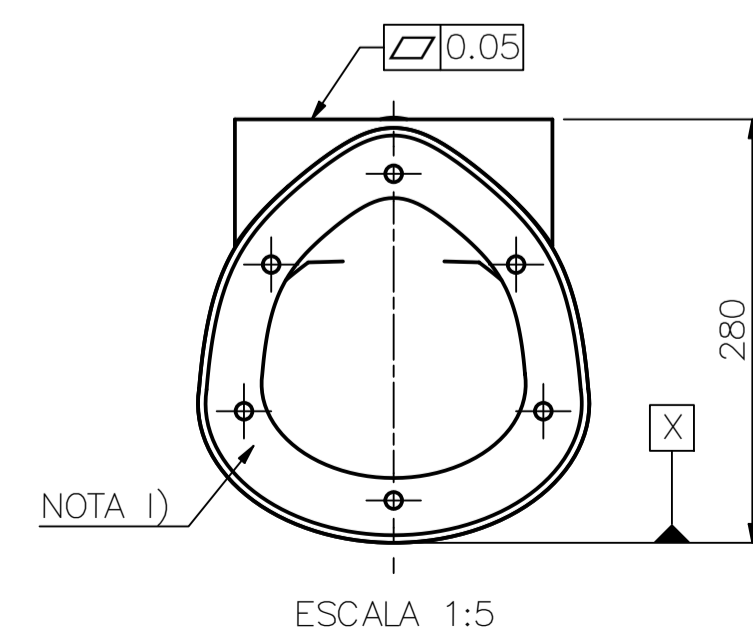
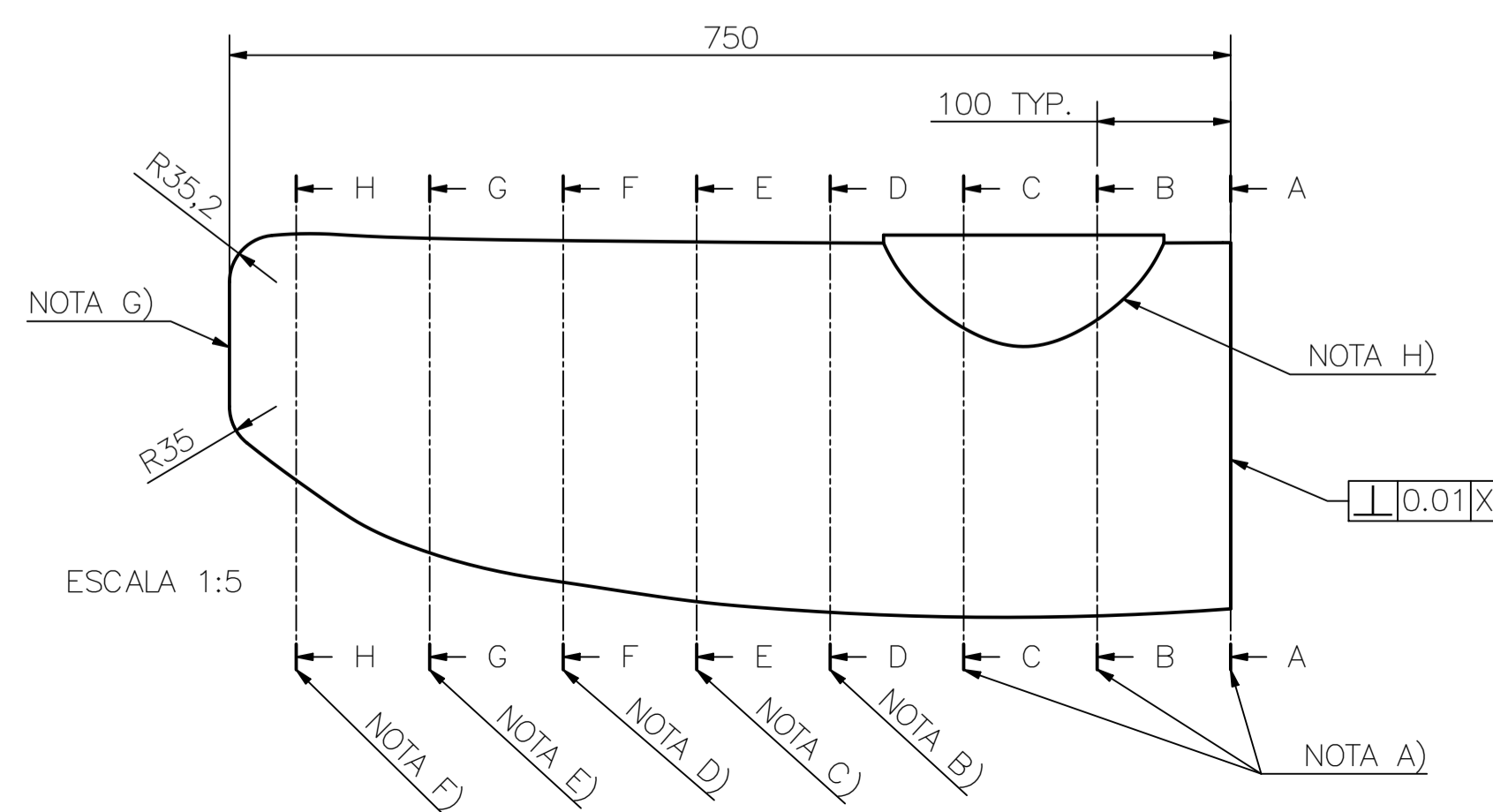
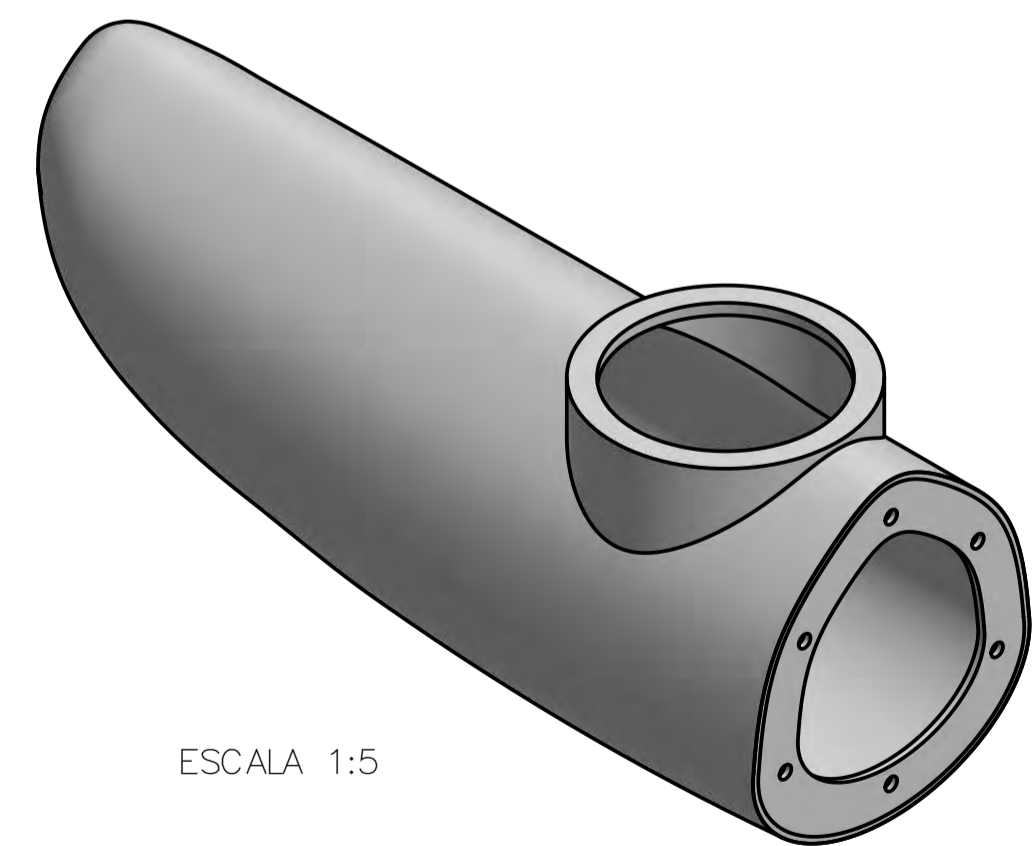
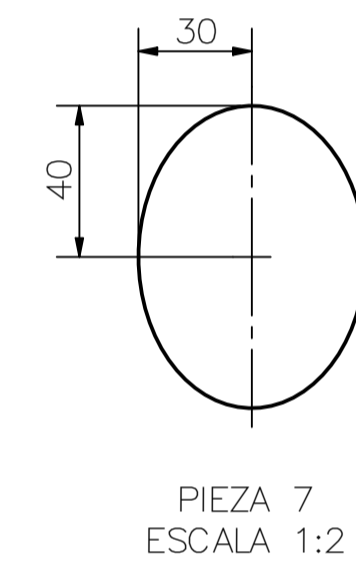
TOLERANCIAS DIMENSIONALES PARA LA PIEZA DE FIBRA DE VIDRIO SEGÚN LA EMPRESA PERFORMANCE COMPOSITES INC. PINTAR TODAS LAS SUPERFICIES EXTERNAS CON PINTURA EPÓXICA. SE RECOMIENDA USAR PINTURA EPÓXICA ANYPSA "TITANIC". COLOR A CRITERIO DEL USUARIO. COLOR SUGERIDO (BLANCO EPX-1000).

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
N9	VER NOTA	FIBRA DE VIDRIO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANTAJE POLINESCO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA SEGÚN SE INDICA
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MF_P003_A1

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



- A) LAS DIMENSIONES DEL MOLDE PARA LAS SECCIONES A, B Y C CORRESPONDEN A LA PIEZA 1.
- B) LAS DIMENSIONES DEL MOLDE DE LA SECCIÓN D CORRESPONDEN A LA PIEZA 2.
- C) LAS DIMENSIONES DEL MOLDE DE LA SECCIÓN E CORRESPONDEN A LA PIEZA 3.
- D) LAS DIMENSIONES DEL MOLDE DE LA SECCIÓN F CORRESPONDEN A LA PIEZA 4.
- E) LAS DIMENSIONES DEL MOLDE DE LA SECCIÓN G CORRESPONDEN A LA PIEZA 5.
- F) LAS DIMENSIONES DEL MOLDE DE LA SECCIÓN H CORRESPONDEN A LA PIEZA 6.
- G) LAS DIMENSIONES DE LA CARA EXTERNA DEL MOLDE CORRESPONDEN A LA PIEZA 7. REDONDEAR CON FIBRA DE VIDRIO.
- H) REDONDEAR BORDES CON FIBRA DE VIDRIO.
- I) ADHERIR LA BRIDA DE FIBRA DE VIDRIO (PLANO MF_P002_A3) A LA CARA EXTERIOR. ESTA PIEZA SE ADHIERE CON RESINA Y CATALIZADOR, Y SE FUERZA CON FIBRA DE VIDRIO POR DENTRO.



IMPORTANTE:

EL PLANO PRESENTA LAS DIMENSIONES INTERNAS DE LAS SECCIONES DEL FLOTADOR DE LA POPA. ESTAS SECCIONES FORMAN UN ESQUELETO, EL CUAL SIRVE DE GUÍA AL FABRICANTE PARA RECUBRIR CON FIBRA DE VIDRIO. LUEGO DE SECAR (MEDIO DÍA) SE RETIRA EL ESQUELETO Y SE CONSIGUE EL SÓLIDO.

SE RECOMIENDA FABRICAR LAS FIGURAS EN CARTÓN MDF DE 3mm. CORTE LÁSER. TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN ISO 9013 (CLASE 2).

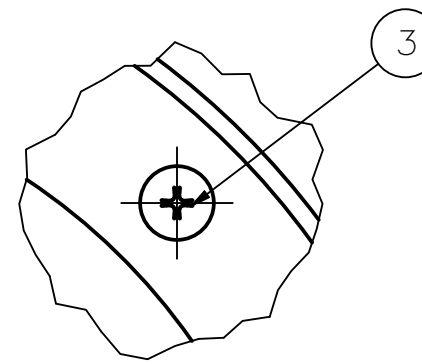
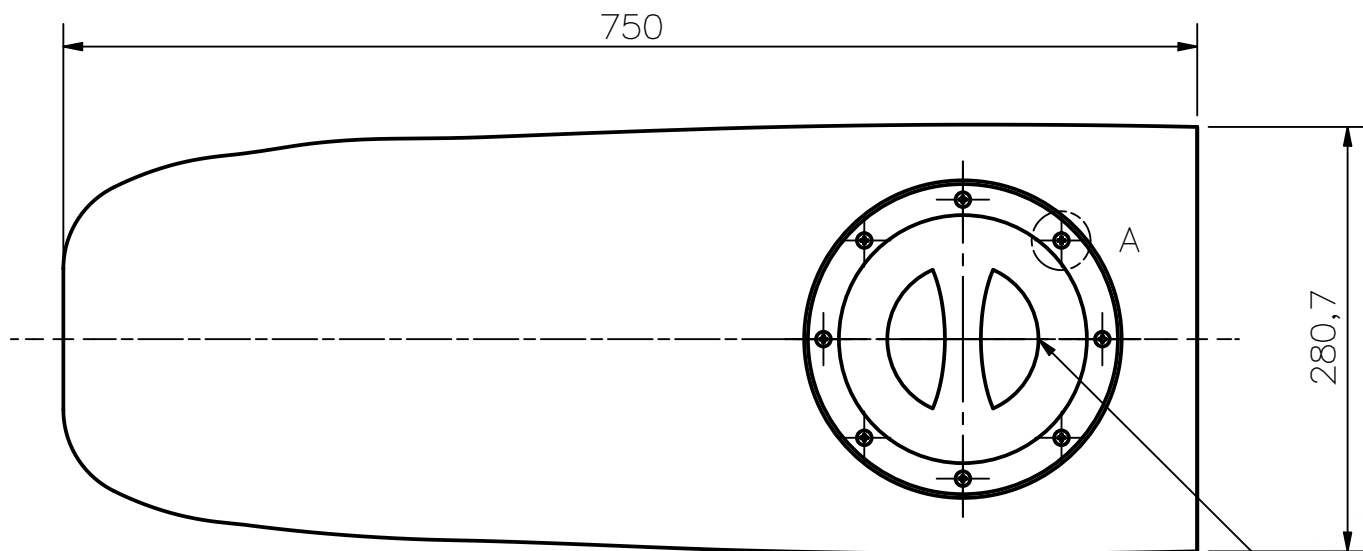
TOLERANCIAS DIMENSIONALES PARA LA PIEZA DE FIBRA DE VIDRIO SEGÚN LA EMPRESA PERFORMANCE COMPOSITES INC. PINTAR TODAS LAS SUPERFICIES EXTERNAS CON PINTURA EPÓXICA. SE RECOMIENDA USAR PINTURA EPÓXICA ANYPSA "TITANIC". COLOR A CRITERIO DEL USUARIO. COLOR SUGERIDO (BLANCO EPX-1000).

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN PERFORMANCE COMPOSITES INC.	
LADO DE LA HERRAMIENTA	±0,01°
OTRO LADO DE LA HERRAMIENTA	±0,03°
ENCOGIMIENTO	0,002%

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN ISO 9013 (CLASE 2)								
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor a 3	Desde 3 hasta menor a 10	Desde 10 hasta menor a 35	Desde 35 hasta menor a 125	Desde 125 hasta menor a 315	Desde 315 hasta menor a 1000	Desde 1000 hasta menor a 2000	Desde 2000 hasta menor a 4000
TOL. PARA ESPESOR DE 1 A 3,15	±0,2	±0,4	±0,5	±0,7	±0,8	±0,9	±1	±1,1

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

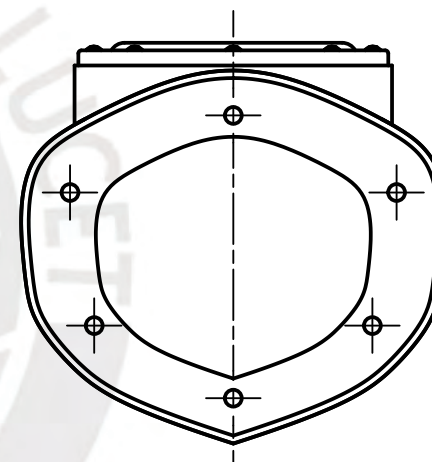
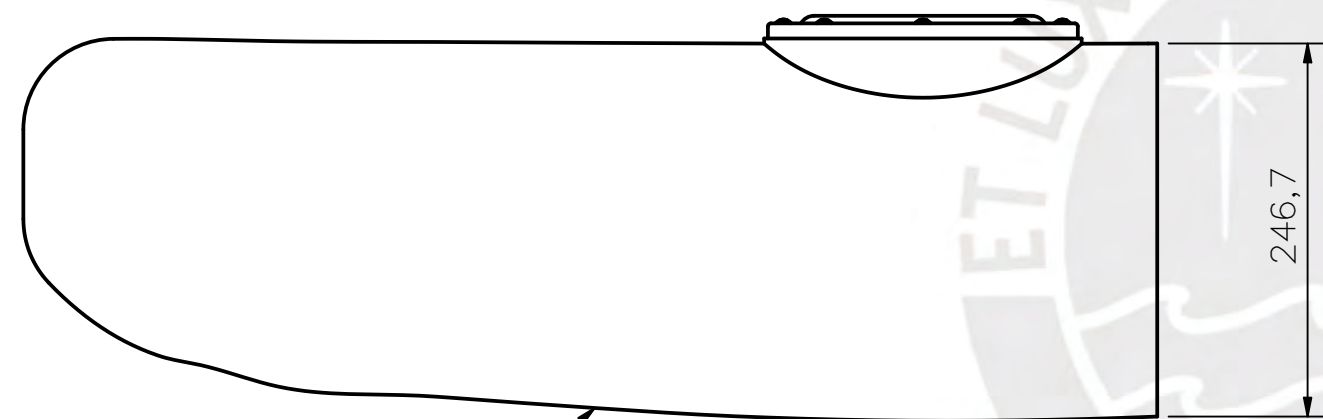
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
N09	VER NOTA	FIBRA DE VIDRIO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOAJE POLINESICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA SEGÚN SE INDICA
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MF_P004_A1



DETALLE A
ESCALA 1:1



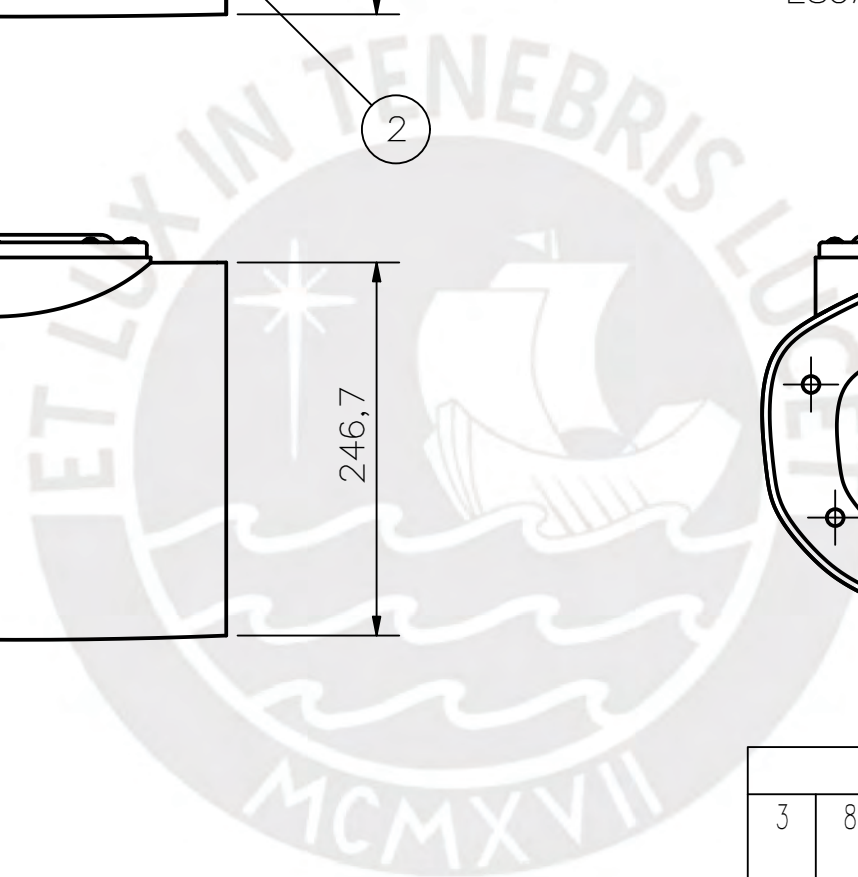
ESCALA 1:10



1

2

3

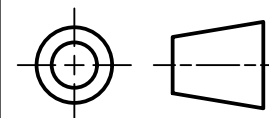


LISTA DE PARTES

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
3	8	TORNILLOS AUTORROSCANTES M8 x 5/8"	ANSI B18.5.1	AISI 304	
2	1	ESCOTILLA PARA KAYAK		PLÁSTICO ABS	8" DIÁMETRO
1	1	FLOTADOR POPA FG		VARIOS	MF_P003_A1

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR

FLOTADOR POPA

ESCALA

1:5

REALIZADO POR:

VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.

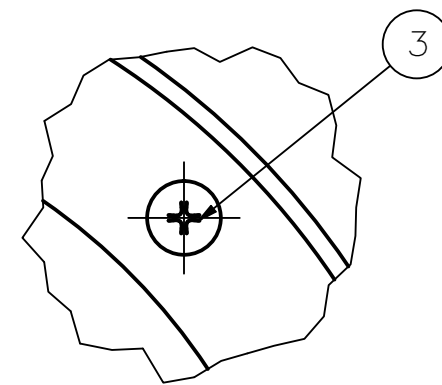
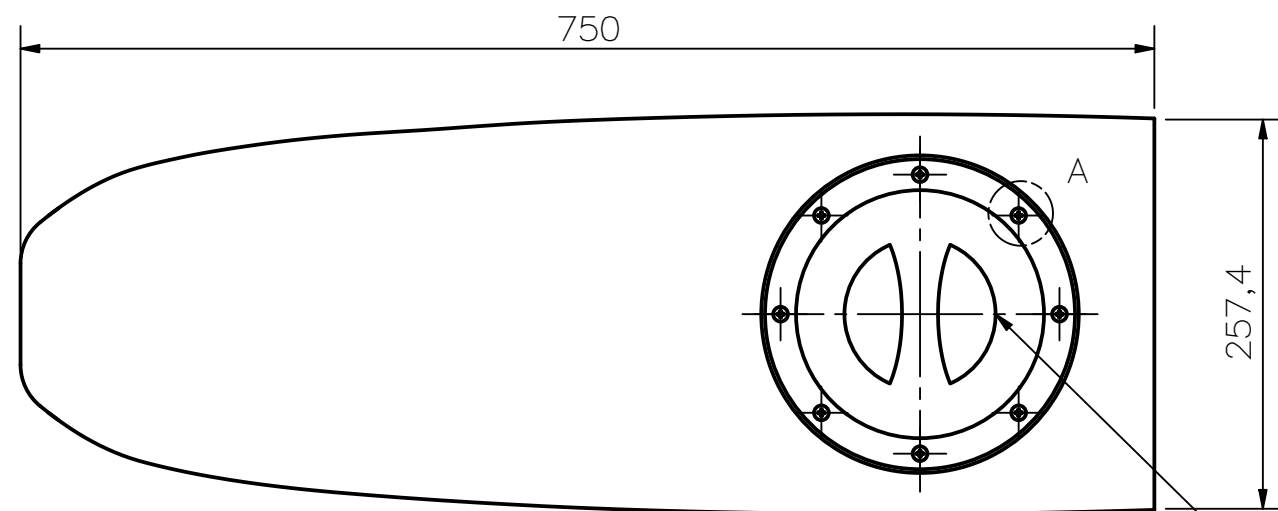
FECHA:
18-AGO-20

ASESOR:

LENGUA HUERTAS, CESAR A.

LÁMINA:
MF_E001_A3

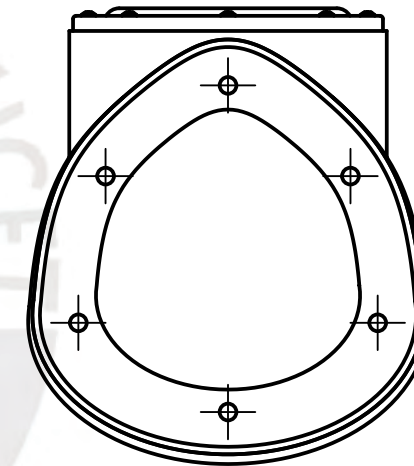
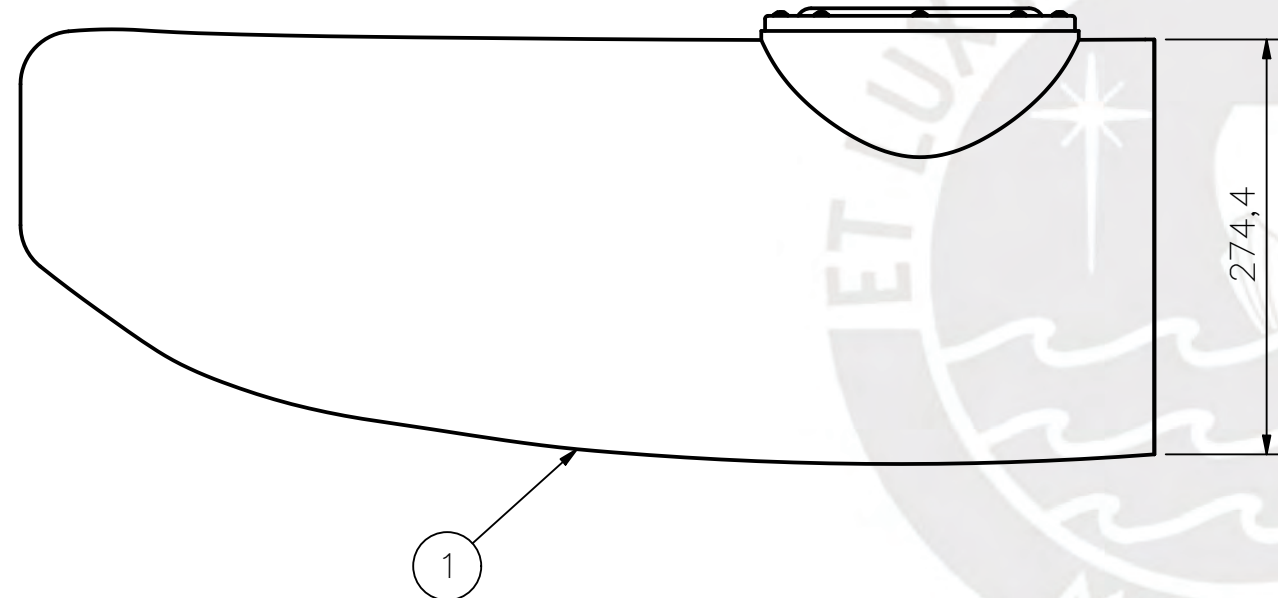
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



DETALLE A
ESCALA 1:1



ESCALA 1:10



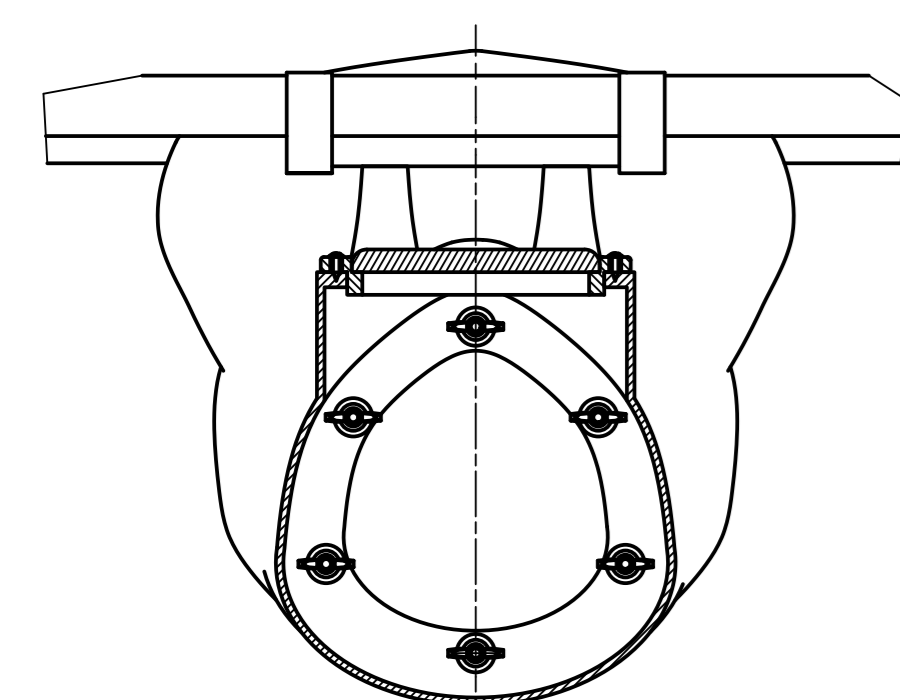
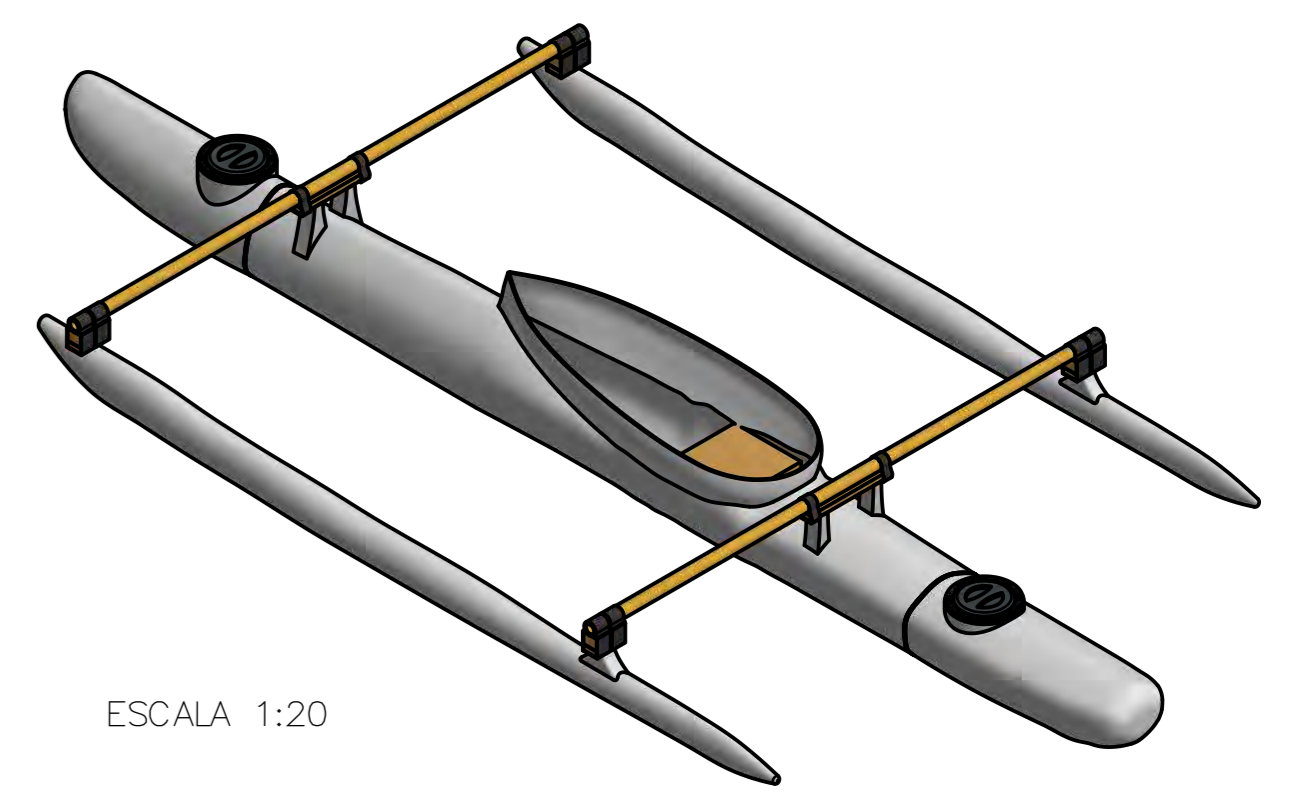
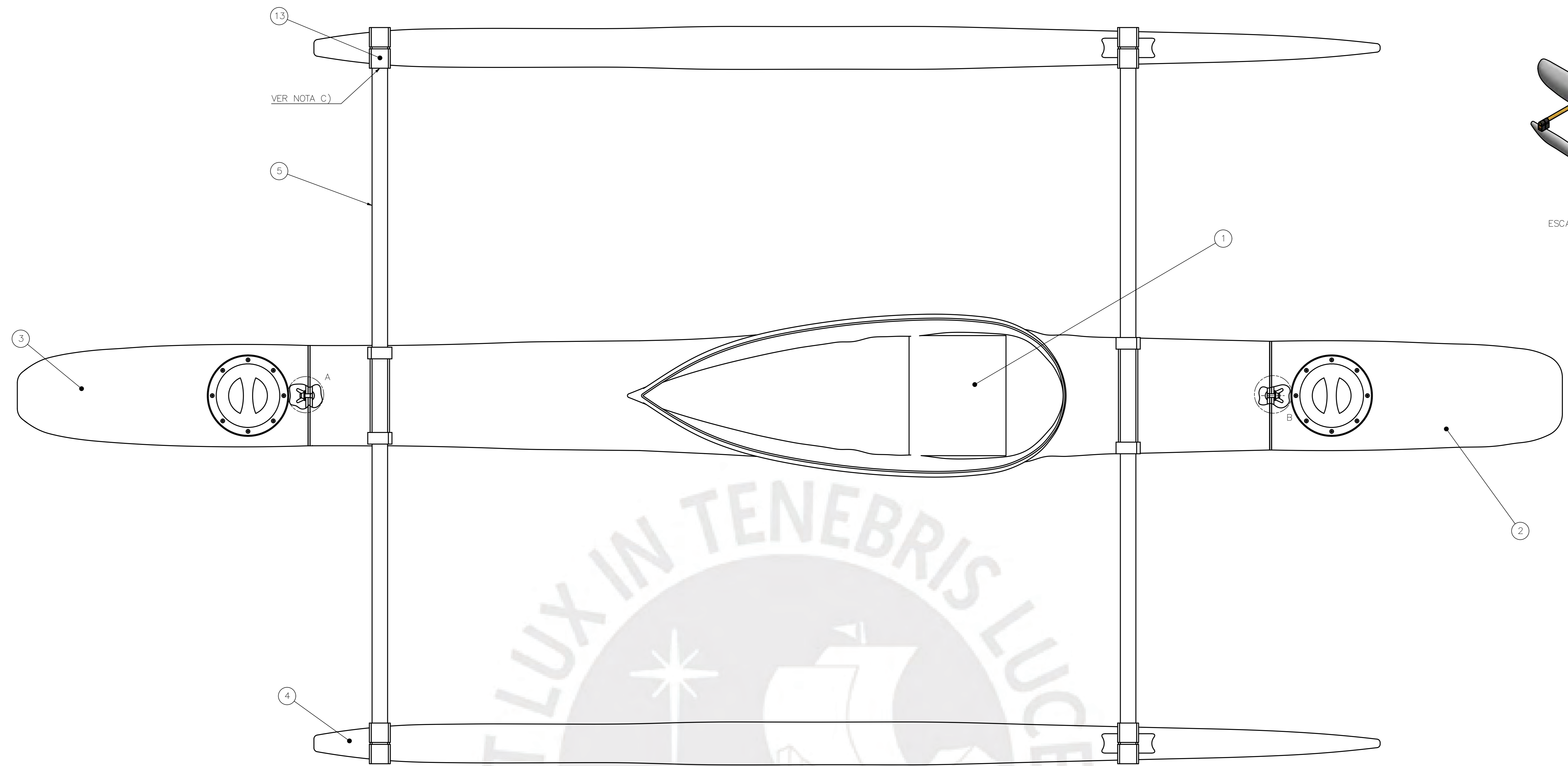
LISTA DE PARTES					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
3	8	TORNILLOS AUTORROSCANTES M8 x 5/8"	ANSI B18.5.1	AISI 304	
2	1	ESCOTILLA PARA KAYAK		PLÁSTICO ABS	8" DIÁMETRO
1	1	FLOTADOR PROA		VARIOS	MF_P004_A1

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

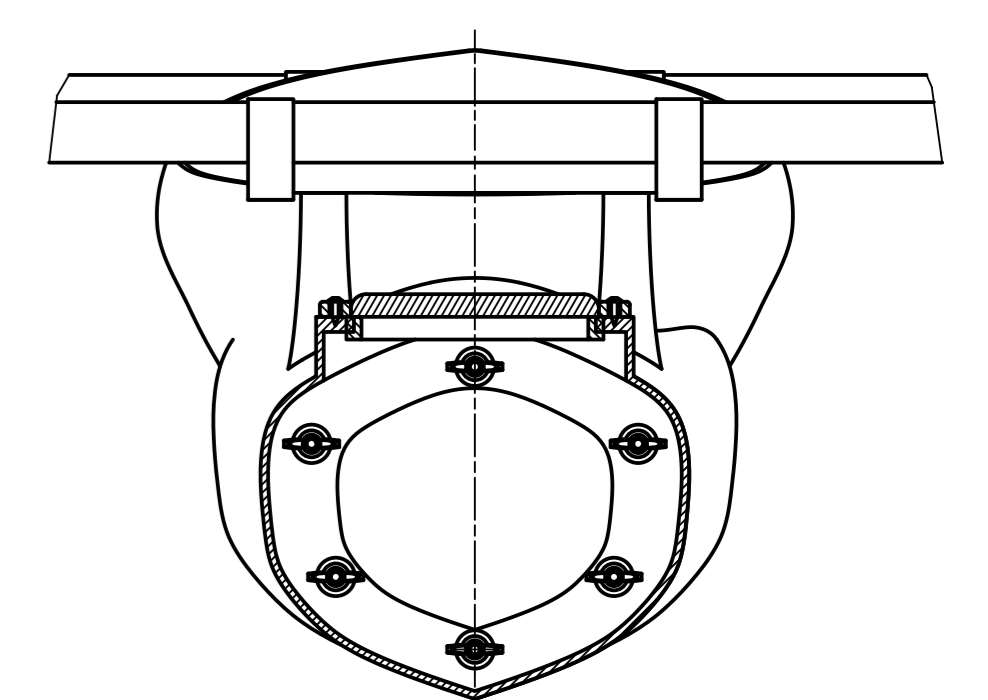
MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA
	FLOTADOR PROA	1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MF_E002_A3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------

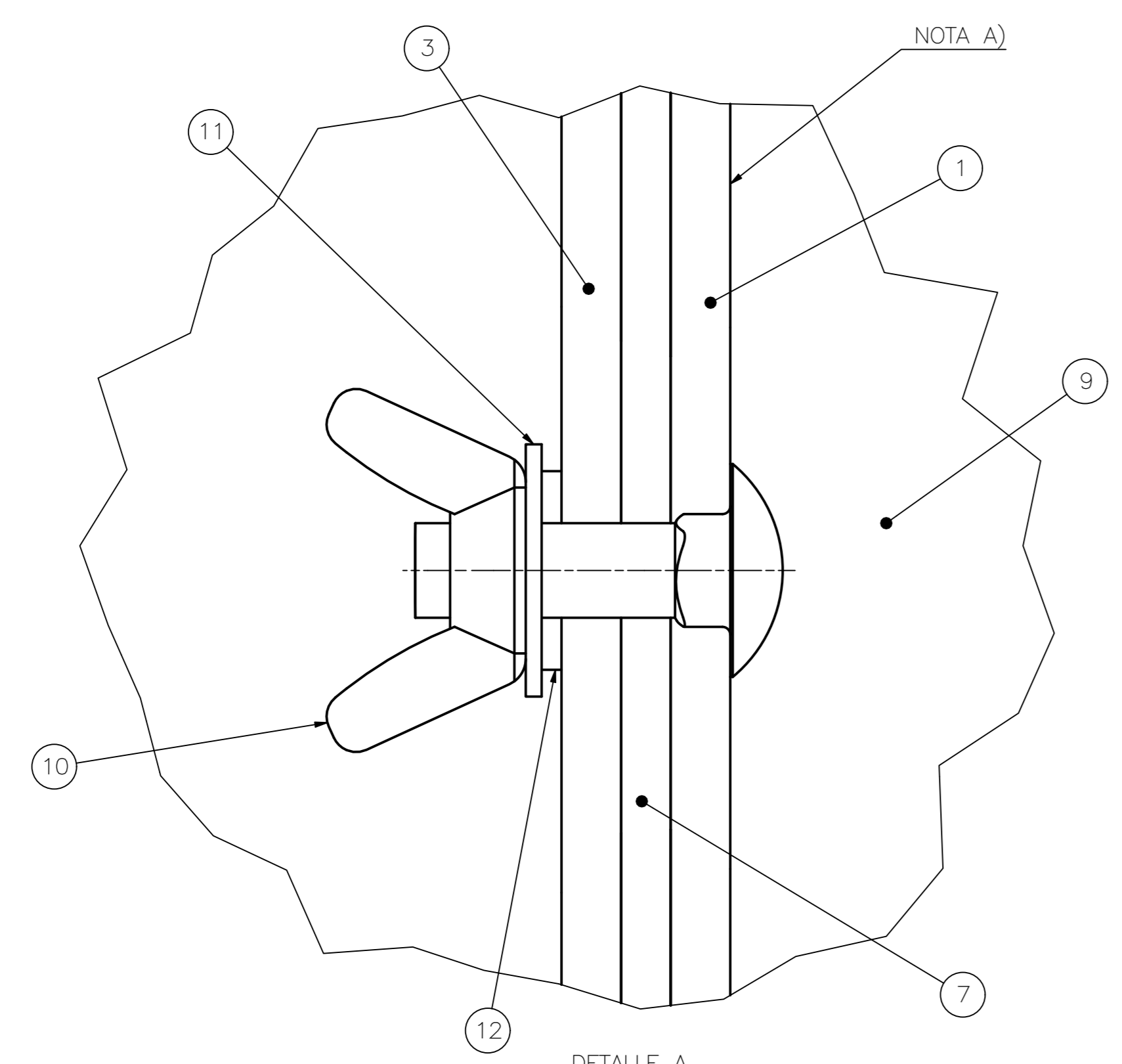
- A) SOLICITAR AL FABRICANTE AÑADIR UNA BRIDA DE FIBRA DE VIDRIO A LA CARA EXTERIOR DE LA PROA DE LA CABINA (DIMENSIONES EN EL PLANO MF_P002_A3). ESTA PIEZA SE ADHIERE CON RESINA Y CATALIZADOR, Y SE FUERZA CON FIBRA DE VIDRIO POR DENTRO.
- B) SOLICITAR AL FABRICANTE AÑADIR UNA BRIDA DE FIBRA DE VIDRIO A LA CARA EXTERIOR DE LA POPA DE LA CABINA (DIMENSIONES EN EL PLANO MF_P001_A3). ESTA PIEZA SE ADHIERE CON RESINA Y CATALIZADOR, Y SE FUERZA CON FIBRA DE VIDRIO POR DENTRO.
- C) SE ENSAMBLA LA CABINA A LOS IAKOS DE BAMBÚ MEDIANTE EL AMARRE TRADICIONAL CON LIGAS DE CAUCHO, DE LA MISMA FORMA SE ENSAMBLAN LAS AMAS Y LOS TACOS DE MADERA AL BAMBÚ.



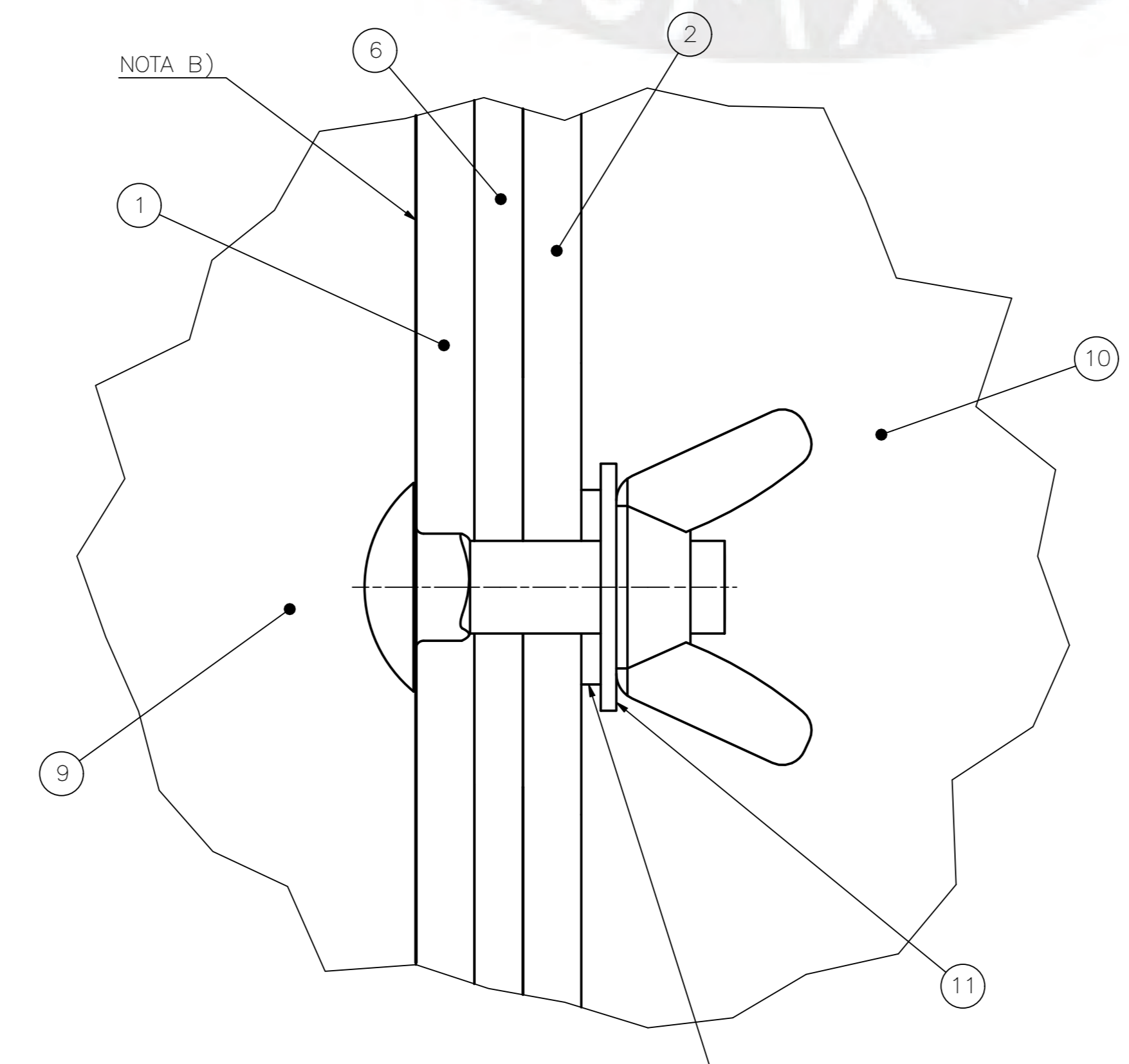
CORTE A
ESCALA 1:5



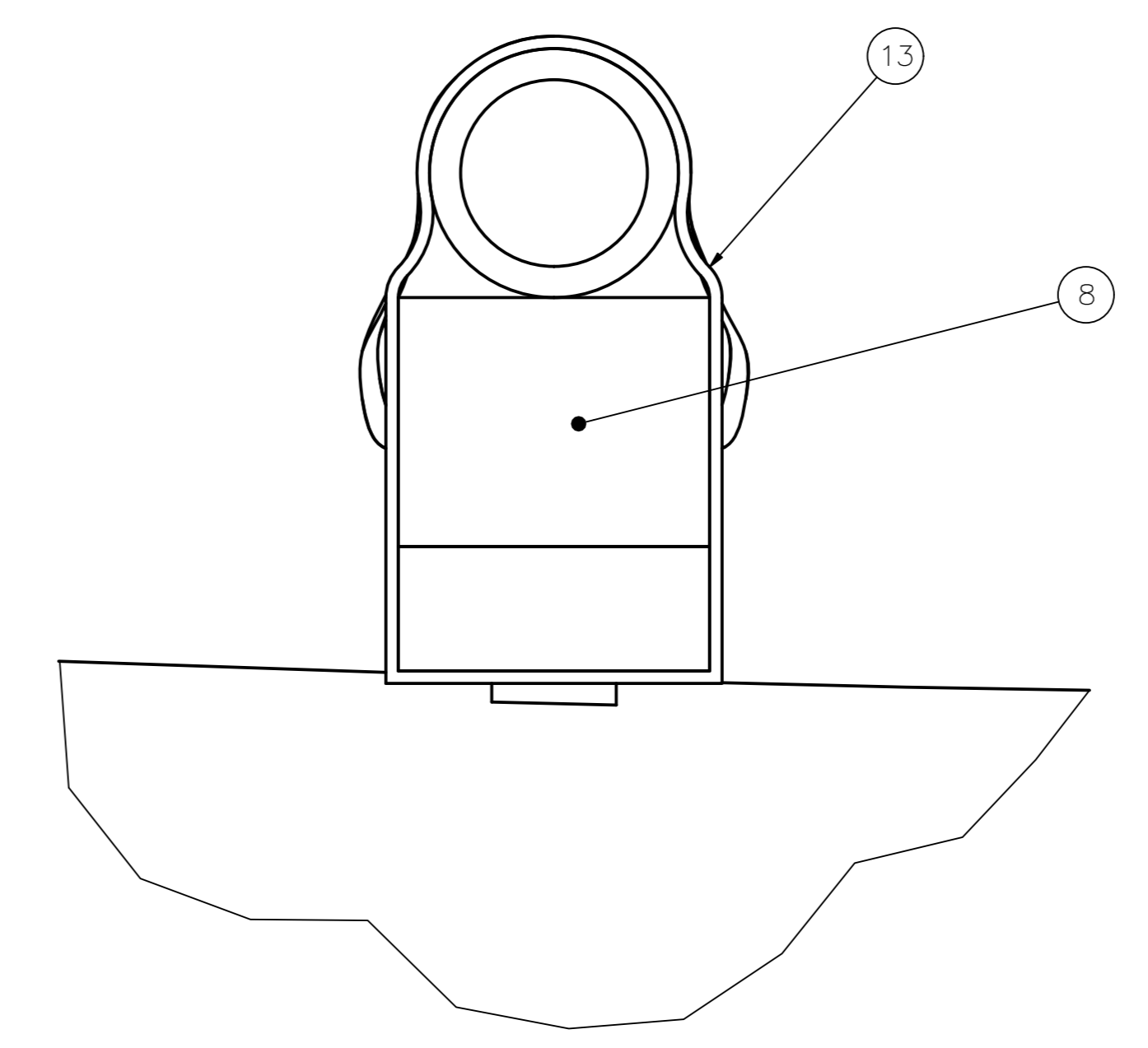
CORTE B
ESCALA 1:5



DETALLE A
ESCALA 2:1



DETALLE B
ESCALA 2:1

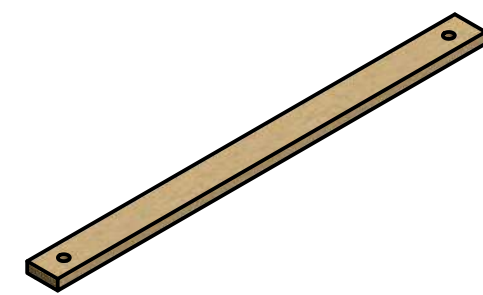
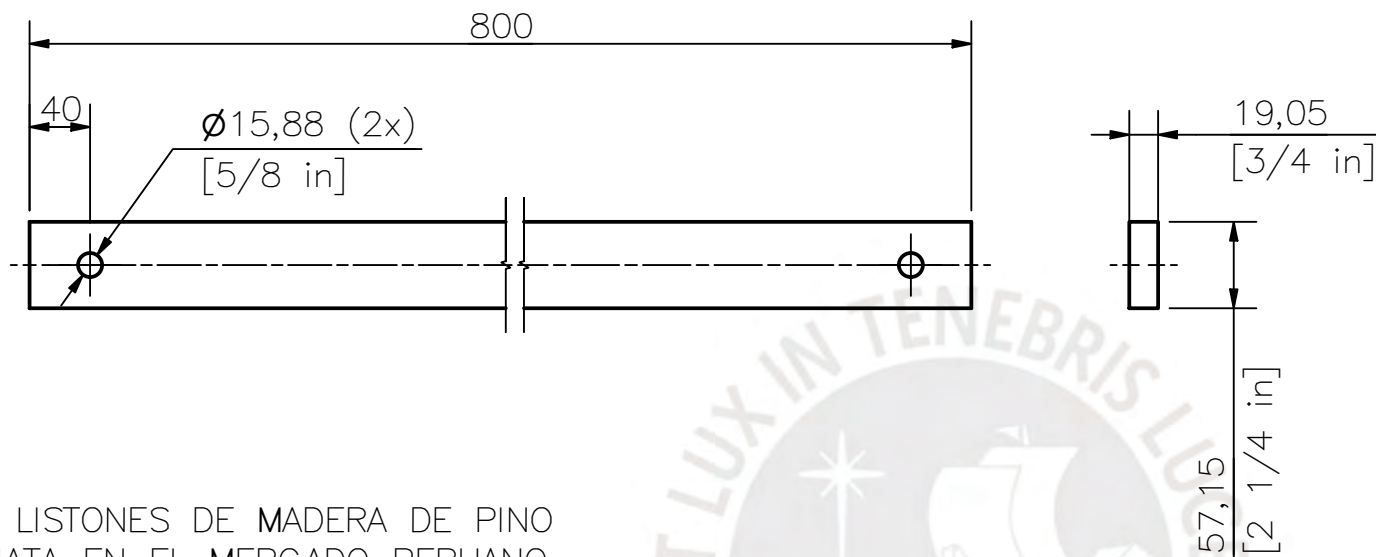


DETALLE C
ESCALA 1:1

LISTA DE PARTES					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
13	12	LIGAS DE CAUCHO 5 mm ANCHO		CAUCHO	
12	12	ARANDELA PLANA 1/4"		CAUCHO	
11	12	ARANDELA PLANA 3/8"	ANSI B18.22.1	ACI 304	
10	12	TUERCA MARIPOSA 3/8"	ANSI B18.17	ACI 304	
9	12	PERNO COCHE 3/8" x 1.25"	ANSI B18.5	ACI 304	
8	4	TACO (50x60x105)		PINO AMERICANO	
7	1	EMPAQUETADURA PROA		CAUCHO DE NITRIL	VER MF_P002_A3
6	1	EMPAQUETADURA POPA		CAUCHO DE NITRIL	VER MF_P001_A3
5	2	IAKOS DE BAMBÚ		BAMBÚ	40 - 50 mm DE DIÁMETRO
4	2	AMA DE CANOA V1		VARIOS	TALLER JOSE HUGO ACUÑA BEBÓN
3	1	FLOTADOR PROA		VARIOS	VER MF_E002_A3
2	1	FLOTADOR POPA		VARIOS	VER MF_E001_A3
1	1	CABINA DE CANOA V1		VARIOS	TALLER JOSE HUGO ACUÑA BEBÓN

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA — INGENIERÍA MECATRÓNICA		
METODO DE PROYECCIÓN	SEÑAL DE UN SIMBOLO DE CADENAS PROYECTADO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA
	SISTEMA DE FLOTACIÓN	1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA:
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	18-AÑO-20
		LÁMINA:
		MF_E003_A0

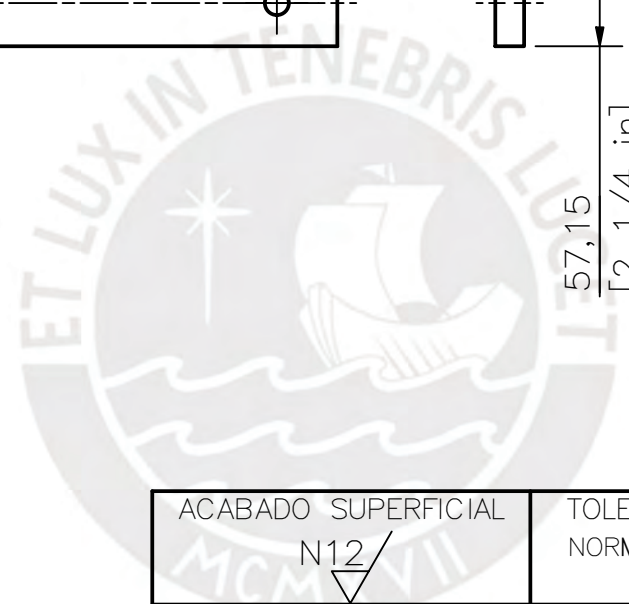
COTA NOMINAL COTA MÁXIMA COTA MÍNIMA



ESCALA 1:10

LOS LISTONES DE MADERA DE PINO RADIATA EN EL MERCADO PERUANO SE VENDEN EN PULGADAS. SIN EMBARGO LAS DIMENSIONES DE SU SECCIÓN SON MENORES A LAS QUE SE INDICAN. SE DEBE DE COMPRAR LOS LISTONES DE 1"X3" (MEDIDA COMERCIAL). DIMENSIONES REALES (19x58mm).

TODOS LOS AGUJEROS SON PASANTES



ACABADO SUPERFICIAL N12/	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL MADERA PINO RADIATA
-----------------------------	---	---------------------------------

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

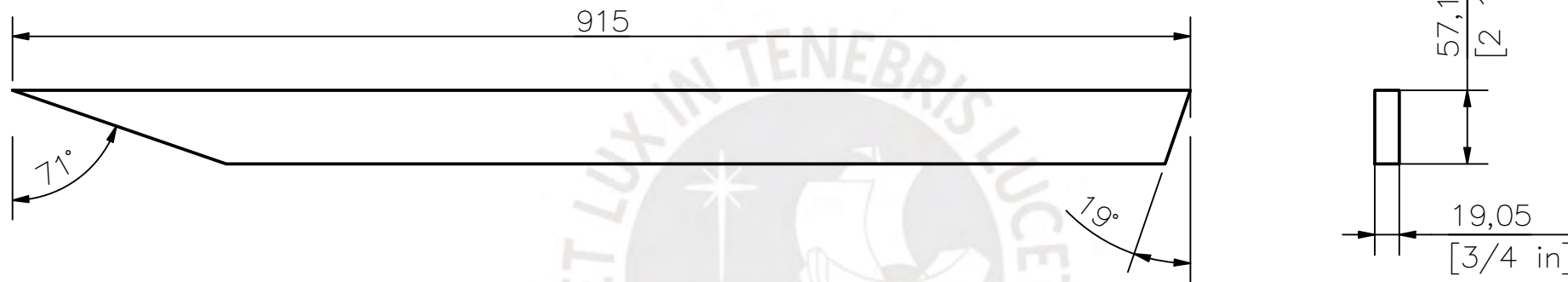
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MV_P001_A4

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)

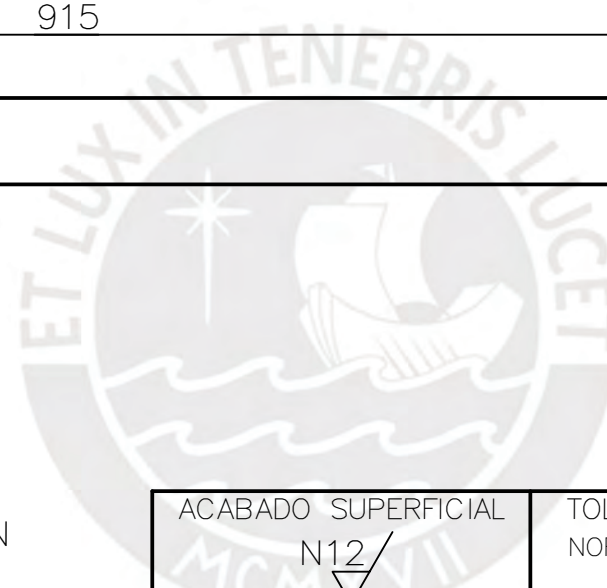
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	



ESCALA 1:20

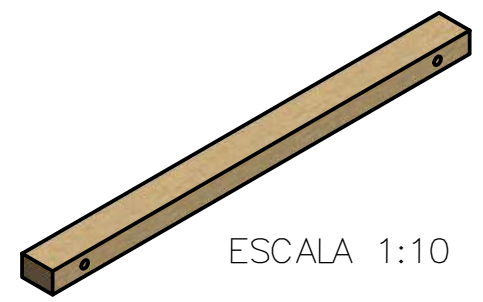
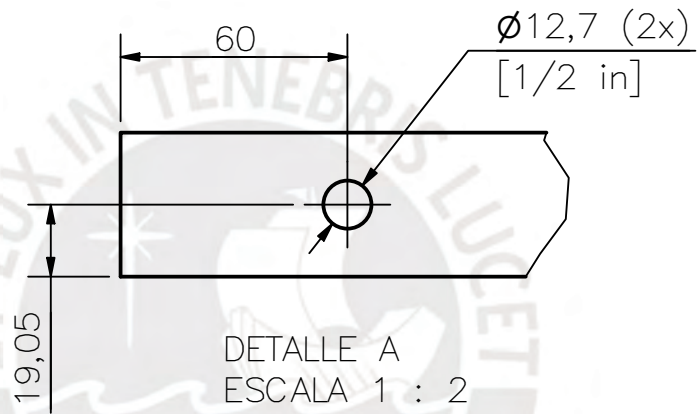
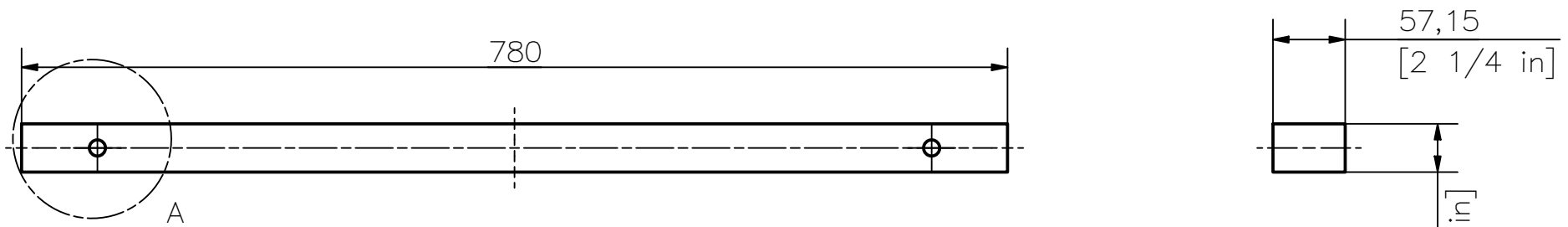


LOS LISTONES DE MADERA DE PINO RADIATA EN EL MERCADO PERUANO SE VENDEN EN PULGADAS. SIN EMBARGO LAS DIMENSIONES DE SU SECCIÓN SON MENORES A LAS QUE SE INDICAN. SE DEBE DE COMPRAR LOS LISTONES DE 1"X3" (MEDIDA COMERCIAL). DIMENSIONES REALES (19x58mm).



ACABADO SUPERFICIAL N12/	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL MADERA PINO RADIATA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MV_P002_A4

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)		
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	



LOS LISTONES DE MADERA DE PINO RADIATA EN EL MERCADO PERUANO SE VENDEN EN PULGADAS. SIN EMBARGO LAS DIMENSIONES DE SU SECCIÓN SON MENORES A LAS QUE SE INDICAN. SE DEBE DE COMPRAR LOS LISTONES DE 1"X3" (MEDIDA COMERCIAL). DIMENSIONES REALES (19x58mm).

TODOS LOS AGUJEROS SON PASANTES

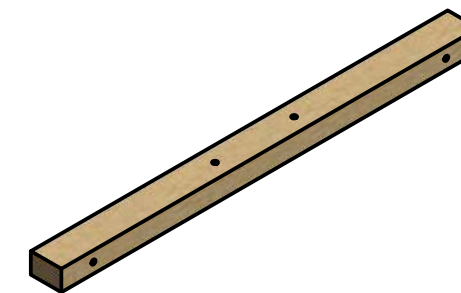
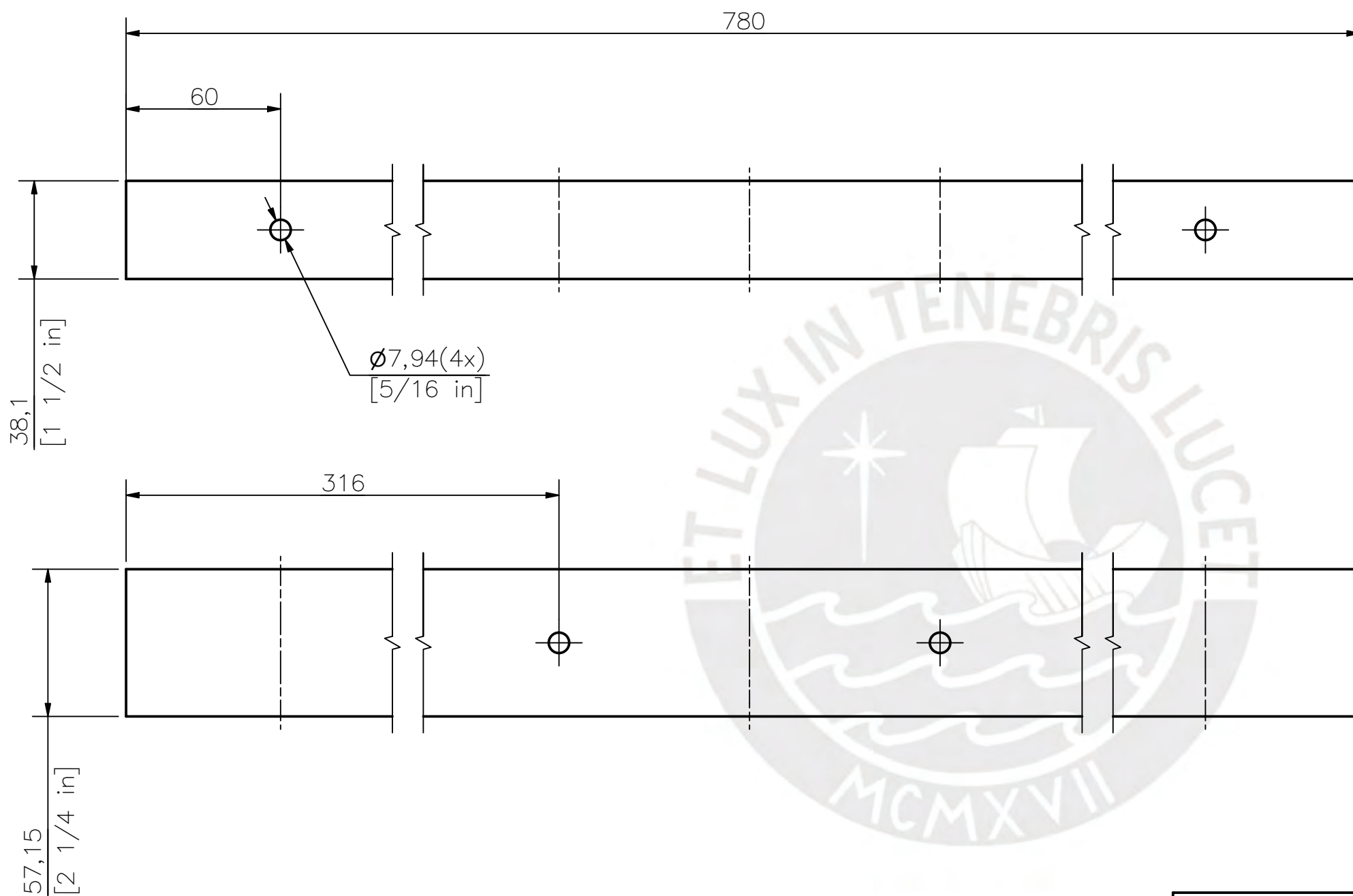
ACABADO SUPERFICIAL N12	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL PINO RADIATA
----------------------------	---	--------------------------

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR LISTÓN HORIZONTAL SIN SENSOR	ESCALA 1:5
--------------------------	--	----------------------

REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MV_P003_A4

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)		
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	



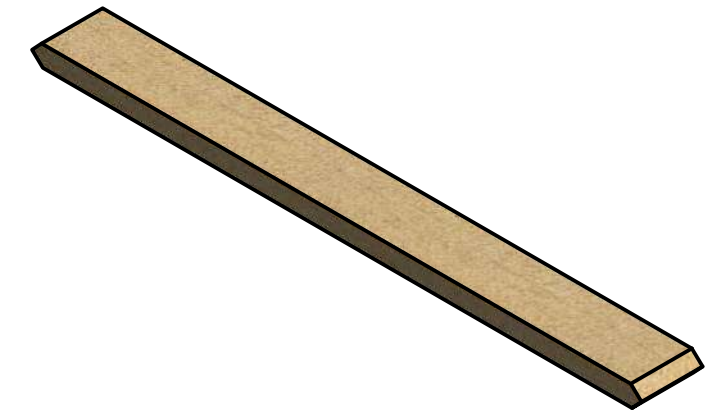
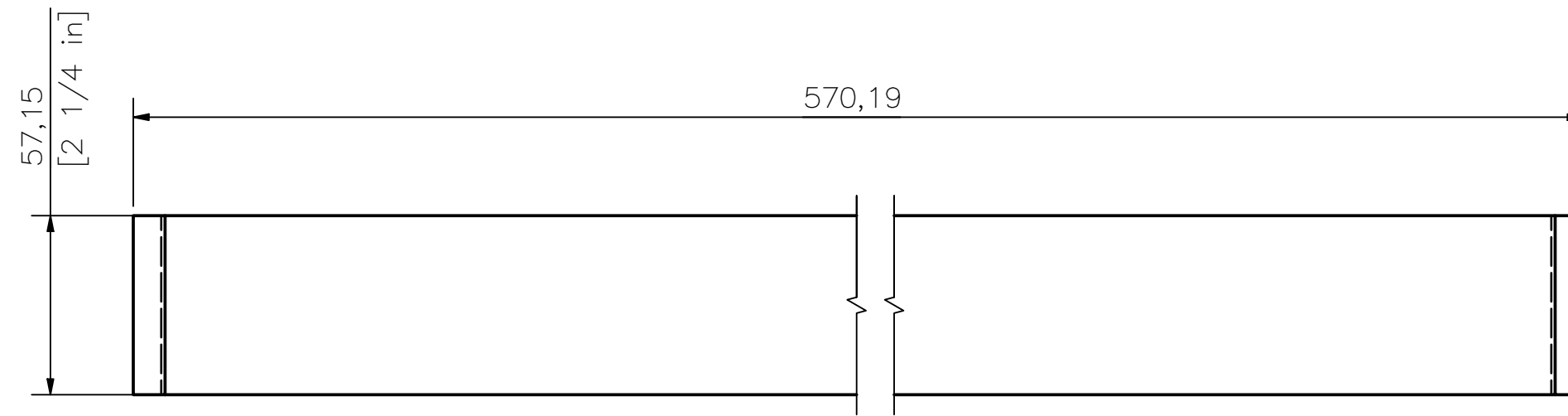
ESCALA 1:10

LOS LISTONES DE MADERA DE PINO RADIATA EN EL MERCADO PERUANO SE VENDEN EN PULGADAS. SIN EMBARGO LAS DIMENSIONES DE SU SECCIÓN SON MENORES A LAS QUE SE INDICAN. SE DEBE DE COMPRAR LOS LISTONES DE 1"X3" (MEDIDA COMERCIAL). DIMENSIONES REALES (19x58mm).

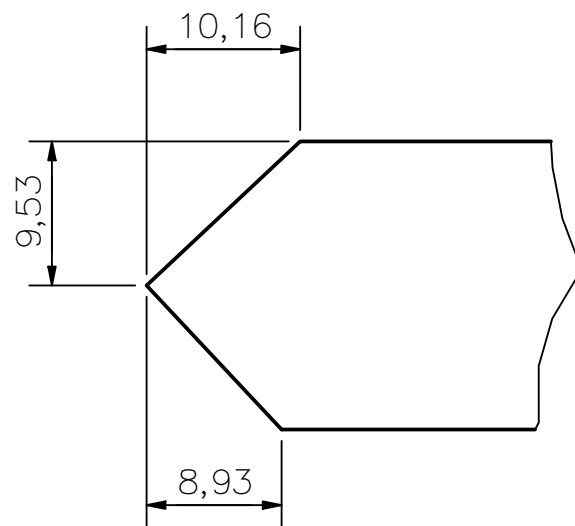
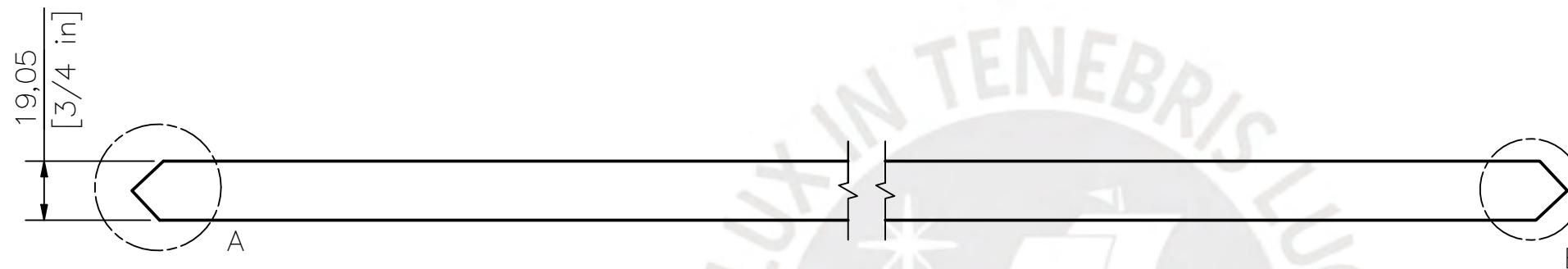
TODOS LOS AGUJEROS SON PASANTES

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)		
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	

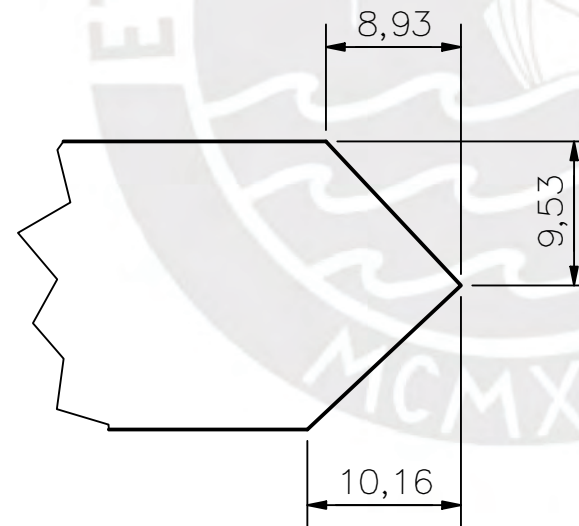
ACABADO SUPERFICIAL N12	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL PINO RADIATA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR LISTÓN HORIZONTAL CON SENSOR	ESCALA 1:2
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MV_P004_A3



ESCALA 1:5



DETALLE A
ESCALA 2:1

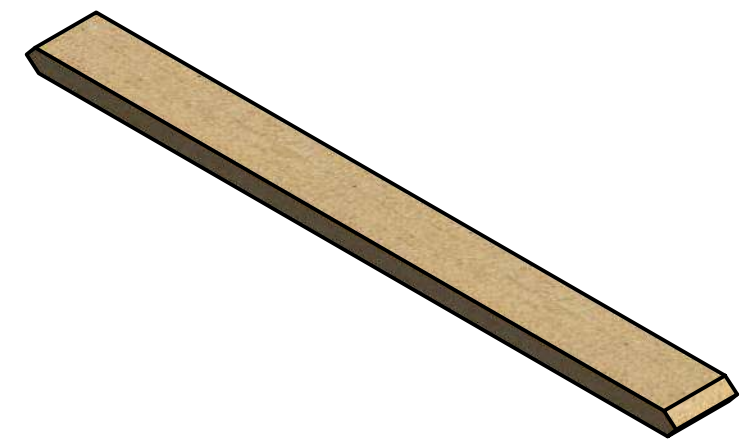
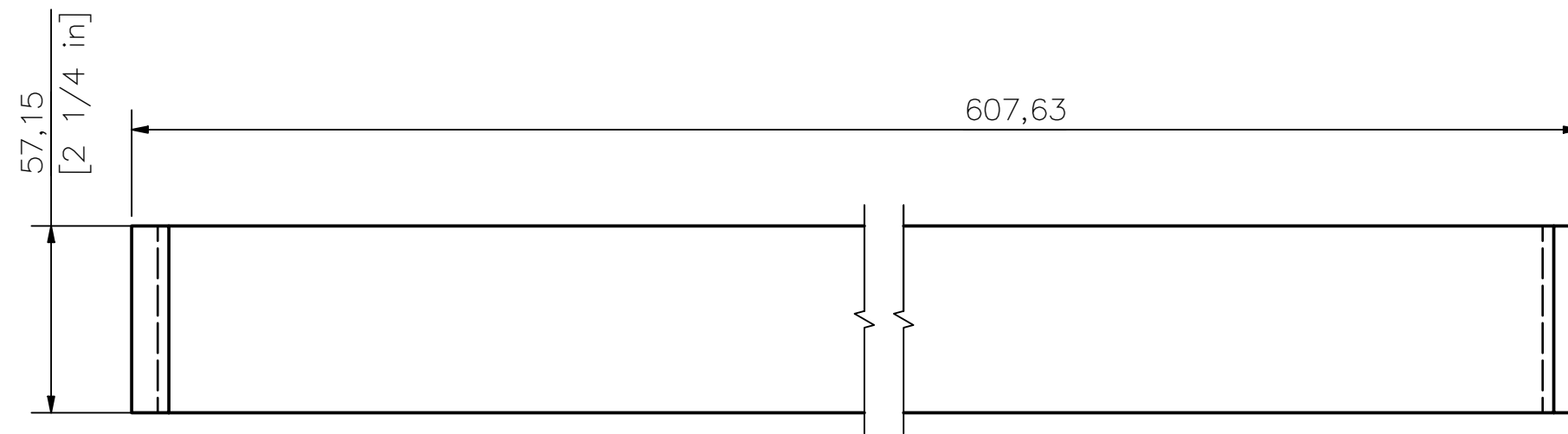


DETALLE B
ESCALA 2:1

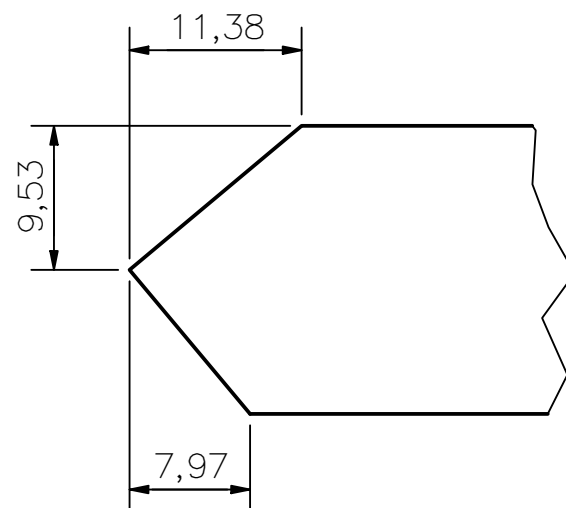
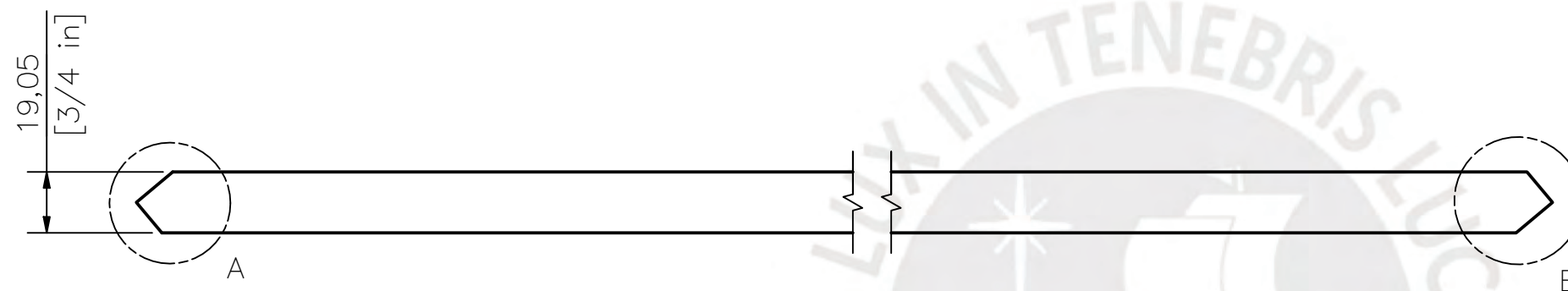
LOS LISTONES DE MADERA DE PINO RADIATA EN EL MERCADO PERUANO SE VENDEN EN PULGADAS. SIN EMBARGO LAS DIMENSIONES DE SU SECCIÓN SON MENORES A LAS QUE SE INDICAN. SE DEBE DE COMPRAR LOS LISTONES DE 1"X3" (MEDIDA COMERCIAL). DIMENSIONES REALES (19x58mm).

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)		
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	

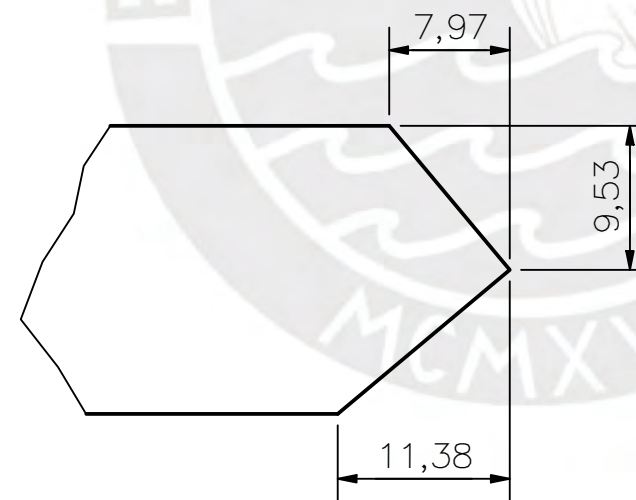
ACABADO SUPERFICIAL N12	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL PINO RADIATA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:2
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MV_P005_A3



ESCALA 1:5



DETALLE A
ESCALA 2:1



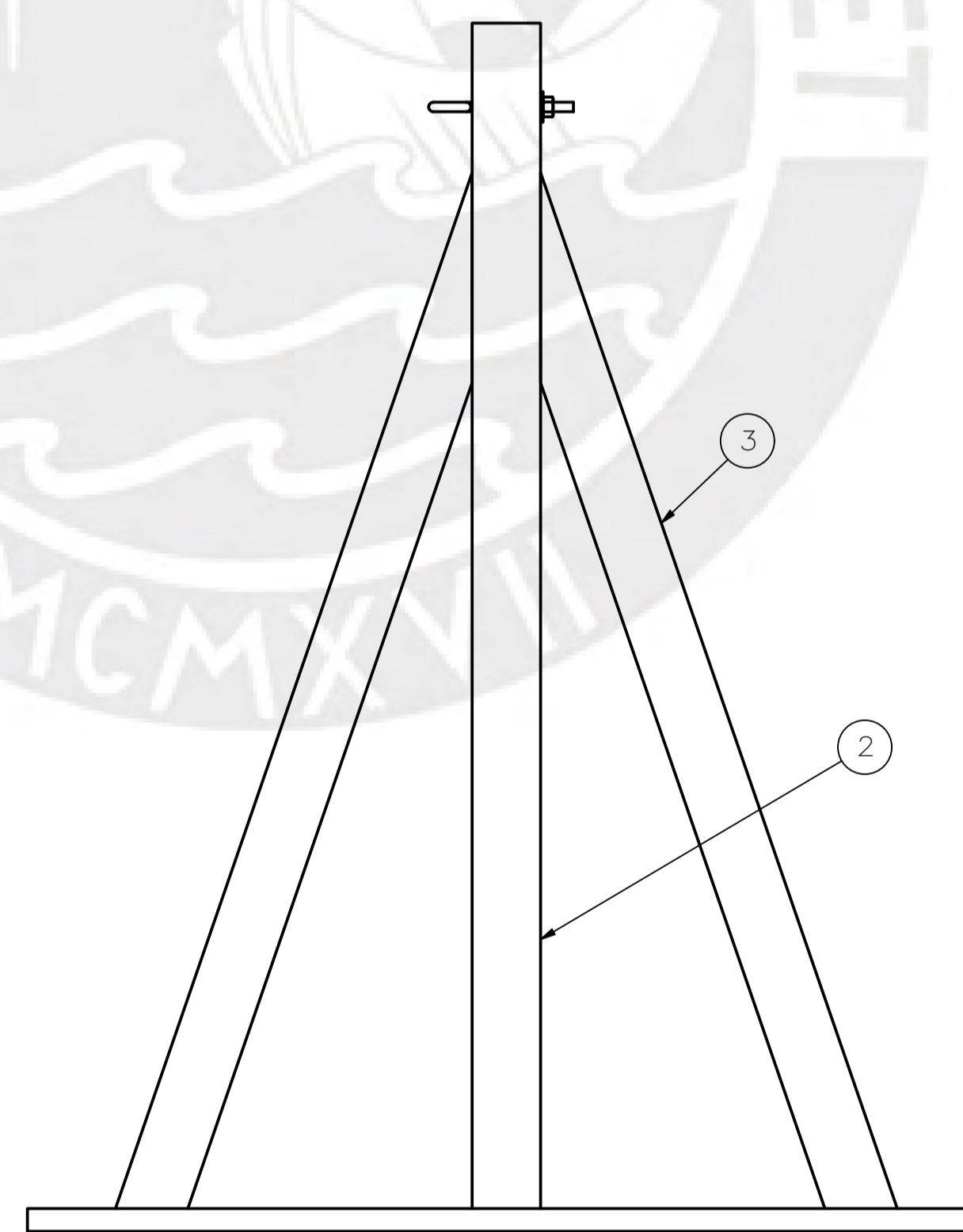
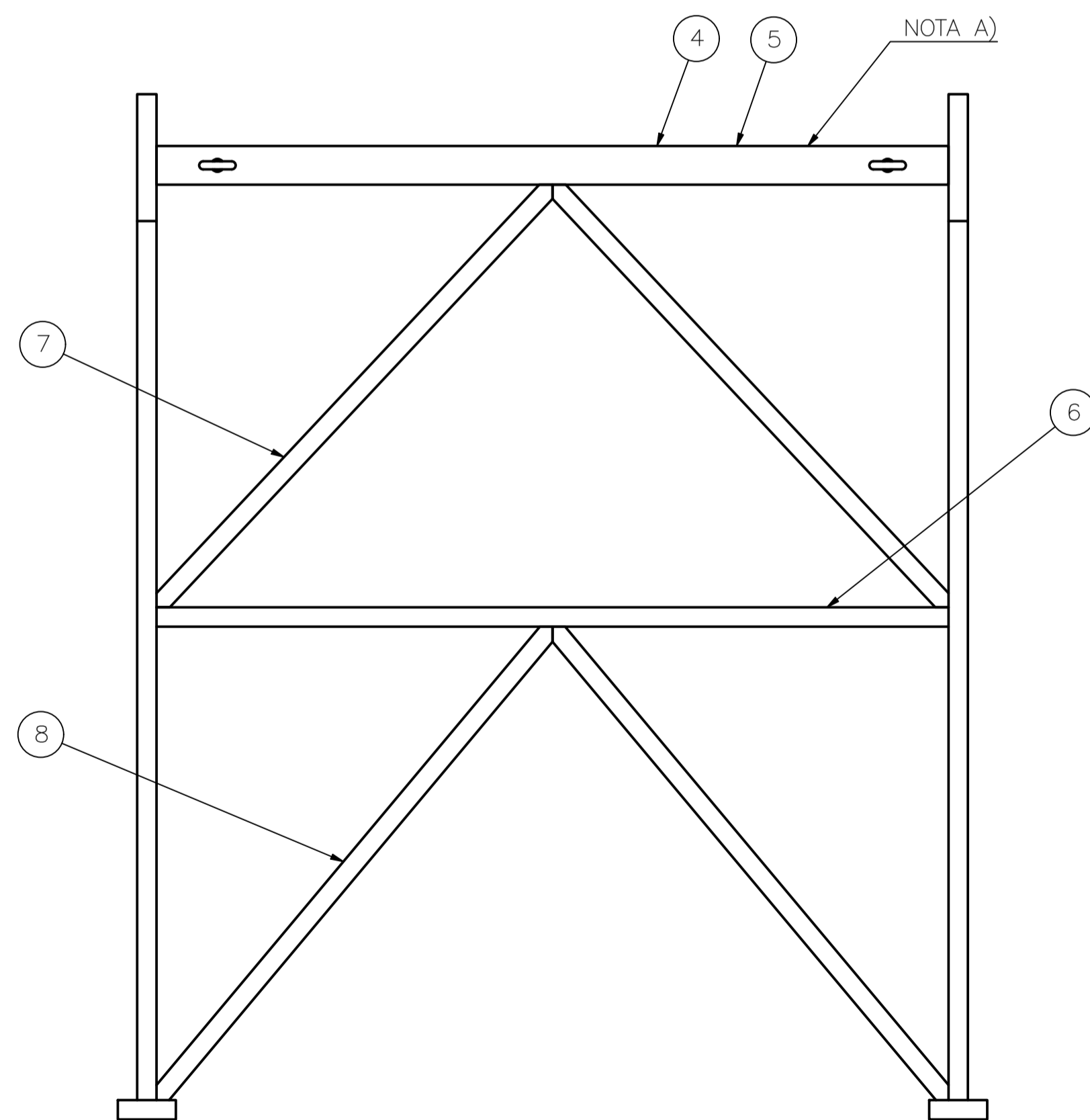
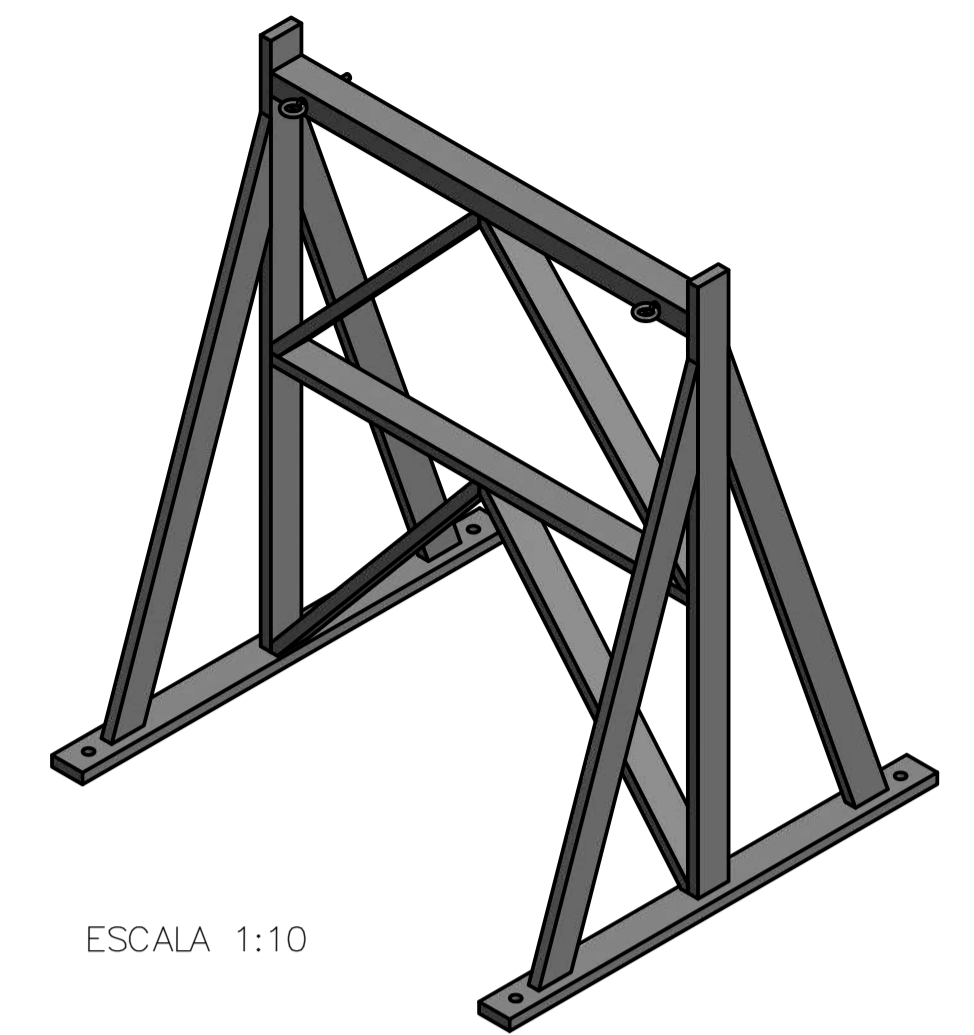
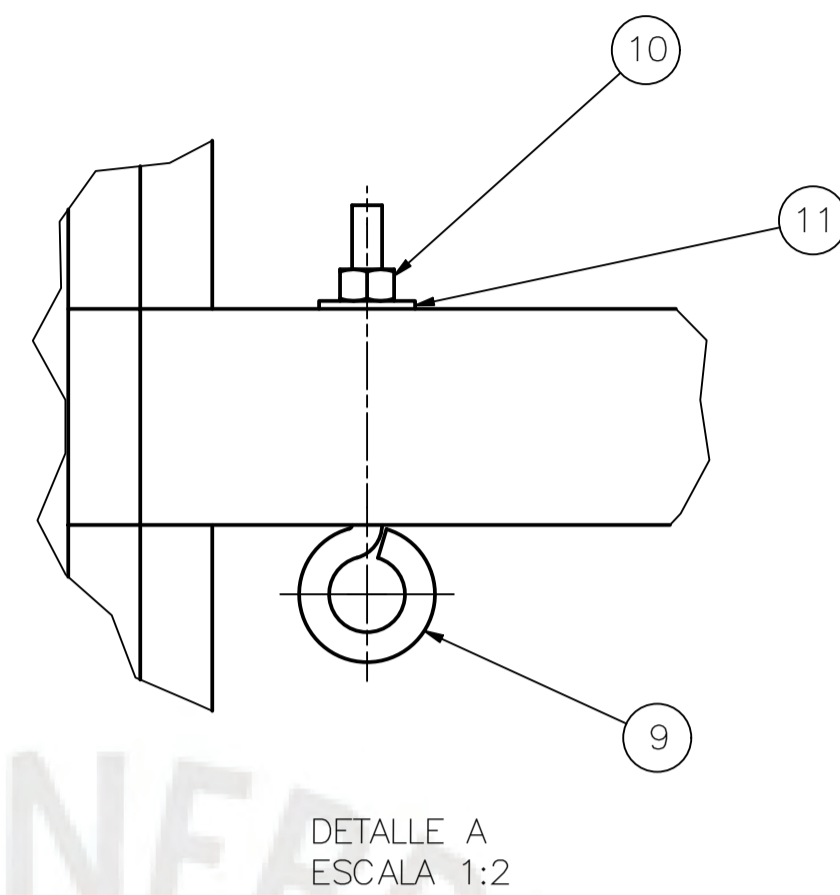
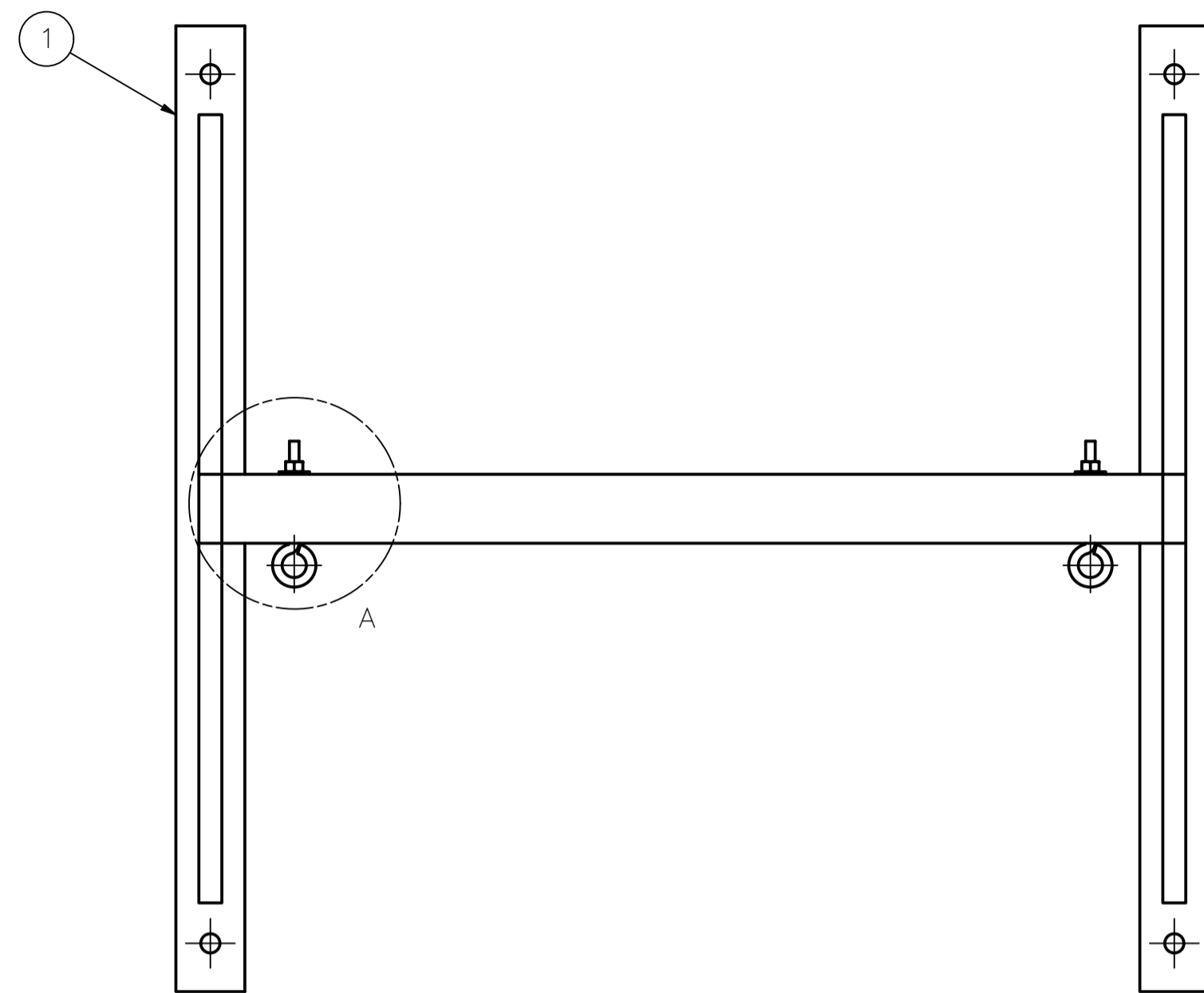
DETALLE B
ESCALA 2:1

LOS LISTONES DE MADERA DE PINO RADIATA EN EL MERCADO PERUANO SE VENDEN EN PULGADAS. SIN EMBARGO LAS DIMENSIONES DE SU SECCIÓN SON MENORES A LAS QUE SE INDICAN. SE DEBE DE COMPRAR LOS LISTONES DE 1"X3" (MEDIDA COMERCIAL). DIMENSIONES REALES (19x58mm).

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN NORMA PERUANA E.010 (MADERA)

DIMENSIÓN NOMINAL	Menor o igual a 150	Más de 150
TOL. SECCIÓN TRANSVERSAL	+2 -1	+4 -2
TOL. OTRAS DIMENSIONES	+3 -1	

ACABADO SUPERFICIAL N12	TOLERANCIA GENERAL NORMA PERUANA E.010 MADERA	MATERIAL PINO RADIATA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:2
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MV_P006_A3



- A) ¡IMPORTANTE!
EL PLANO PERMITE FABRICAR LOS 2 CABALLETES DEL SIMULADOR. LA DIFERENCIA ENTRE AMBOS ENSAMBLAS ES ÚNICAMENTE LO SIGUIENTE:
- 1) CABALLETE SIN SENSOR = ENSAMBLAR "LISTÓN HORIZONTAL SIN SENSOR".
 - 2) CABALLETE CON SENSOR = ENSAMBLAR "LISTÓN HORIZONTAL CON SENSOR".

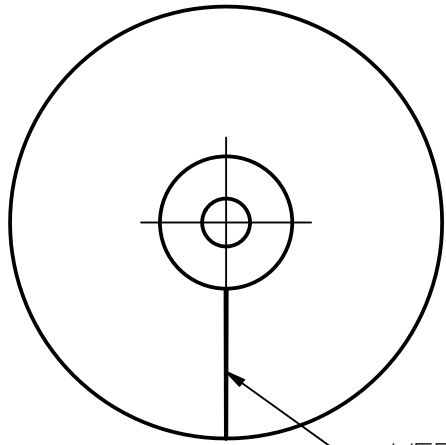
PEGAR TODAS LAS SUPERFICIAS EN CONTACTO CON COLA SINTÉTICA PARA MADERA. SE RECOMIENDA USAR COLA SINTÉTICA TEKNO "EXTRA".

SE RECOMIENDA ATORNILLAR CON MÍNIMO 4 TORNILLOS POR SECCIÓN DE CONTACTO. TORNILLOS AUTORROSCANTES PARA MADERA DE 6 x LONGITUD A CRITERIO DE FABRICANTE.

PINTAR TODAS LAS SUPERFICIAS CON PINTURA EPÓXICA. SE RECOMIENDA USAR PINTURA EPÓXICA ANYPSA "TITANIC". COLOR A CRITERIO DEL USUARIO. COLOR SUGERIDO (GRIS CLARO RAL-7035 K7)

LISTA DE PARTES					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
11	2	ARANDELA PLANA 3/8"	ANSI B18.22.1	AISI 304	
10	2	TUERCA 3/8"	ANSI B18.2.2	AISI 304	
9	2	ARMELLA CON CUERDA 5/16"		AISI 304	
8	2	LISTÓN DIAGONAL 3		MADERA PINO RADIATA	VER MV_P006_A3
7	2	LISTÓN DIAGONAL 2		MADERA PINO RADIATA	VER MV_P005_A3
6	1	LISTÓN 3/4" x 2 1/4" x 780		MADERA PINO RADIATA	
5	1	LISTÓN HORIZONTAL CON SENSOR		MADERA PINO RADIATA	VER MV_P004_A4
4	1	LISTÓN HORIZONTAL SIN SENSOR		MADERA PINO RADIATA	VER MV_P003_A4
3	4	LISTÓN DIAGONAL 1		MADERA PINO RADIATA	VER MV_P002_A4
2	2	LISTÓN 3/4" x 2 1/4" x 990		MADERA PINO RADIATA	
1	2	LISTÓN BASE		MADERA PINO RADIATA	VER MV_P001_A4

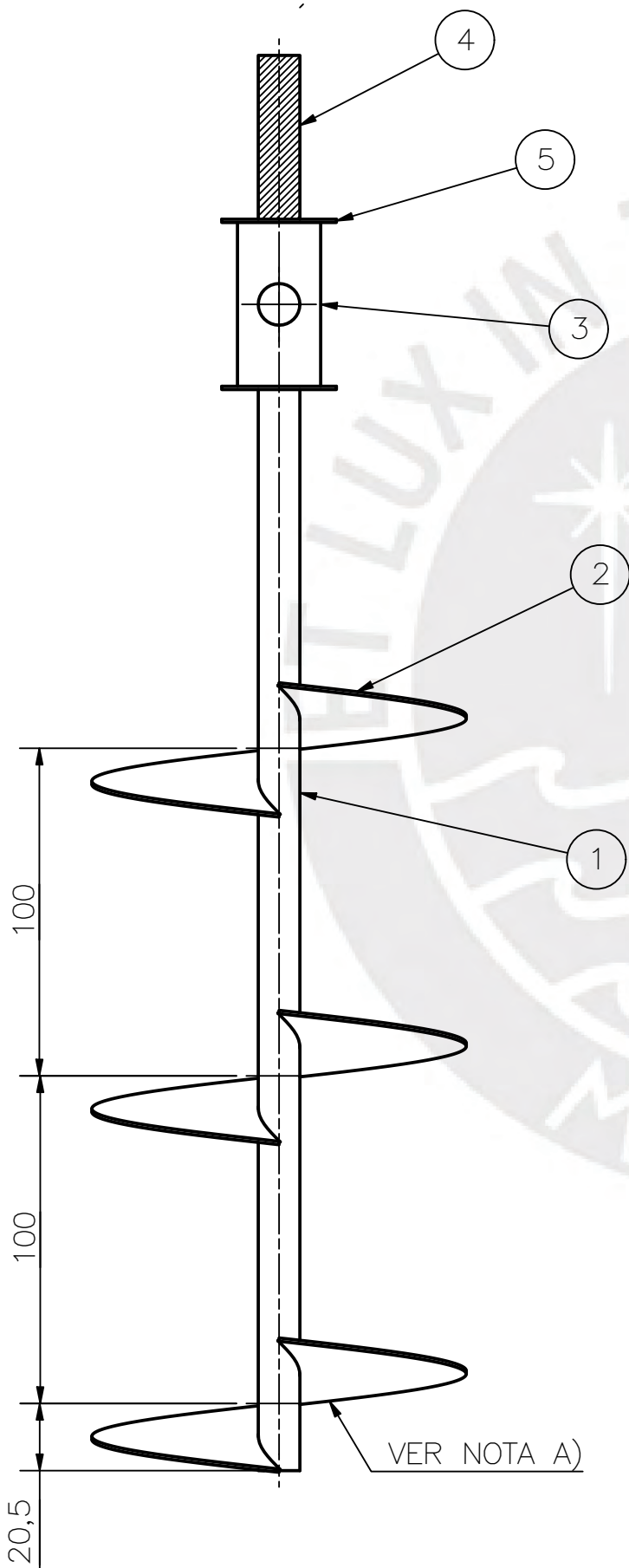
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE GANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: Mv_E001_A1



VER NOTA A)



ESCALA 1:5



CORTAR Y DOBLAR EL DISCO DE CORTE.
 A) SOLDAR CON 5 PUNTOS DE SOLDADURA COMO MÍNIMO A LA BARRA PARA CONSTRUCCIÓN EN LAS POSICIONES INDICADAS.

PINTAR TODAS LAS SUPERFICIES CON PINTURA ANTICORROSIVA. SE RECOMIENDA USAR PINTURA ANYPSA ANTICORROSIVA. COLOR NEGRO AA-7000.

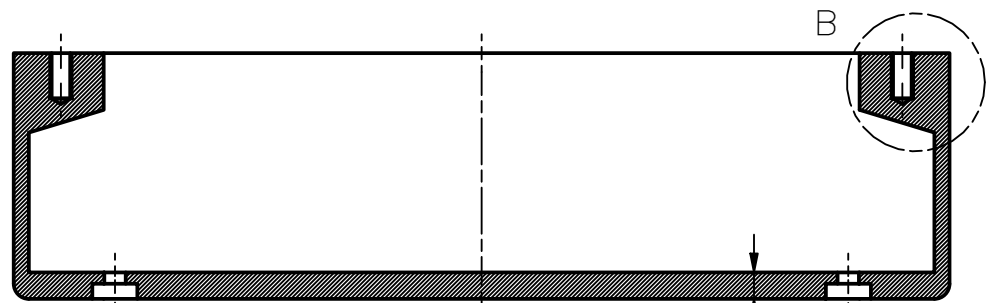
LISTA DE PARTES

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
5	2	DISCO 35 x 1		ACERO	
4	1	VARILLA ROSCADA 1/2" x 50		ACERO	
3	1	TUBO 1" x 1.5 x 50		ACERO	
2	3	DISCO DE CORTE PARA METAL		ACERO	
1	1	BARRA DE ACERO PARA CONSTRUCCIÓN 1/2" x 30"		ACERO	

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN ISO 2768-1

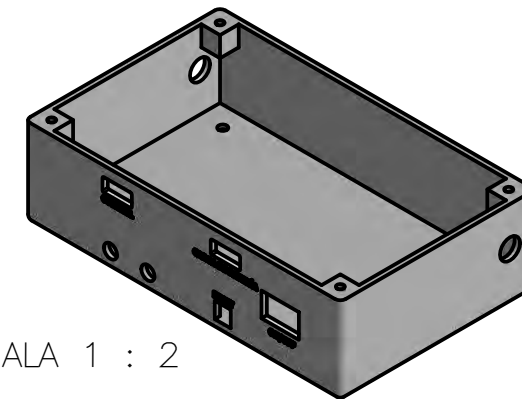
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
BASTO	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR ANCLAJE PARA JARDÍN	ESCALA 1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MV_E002_A3

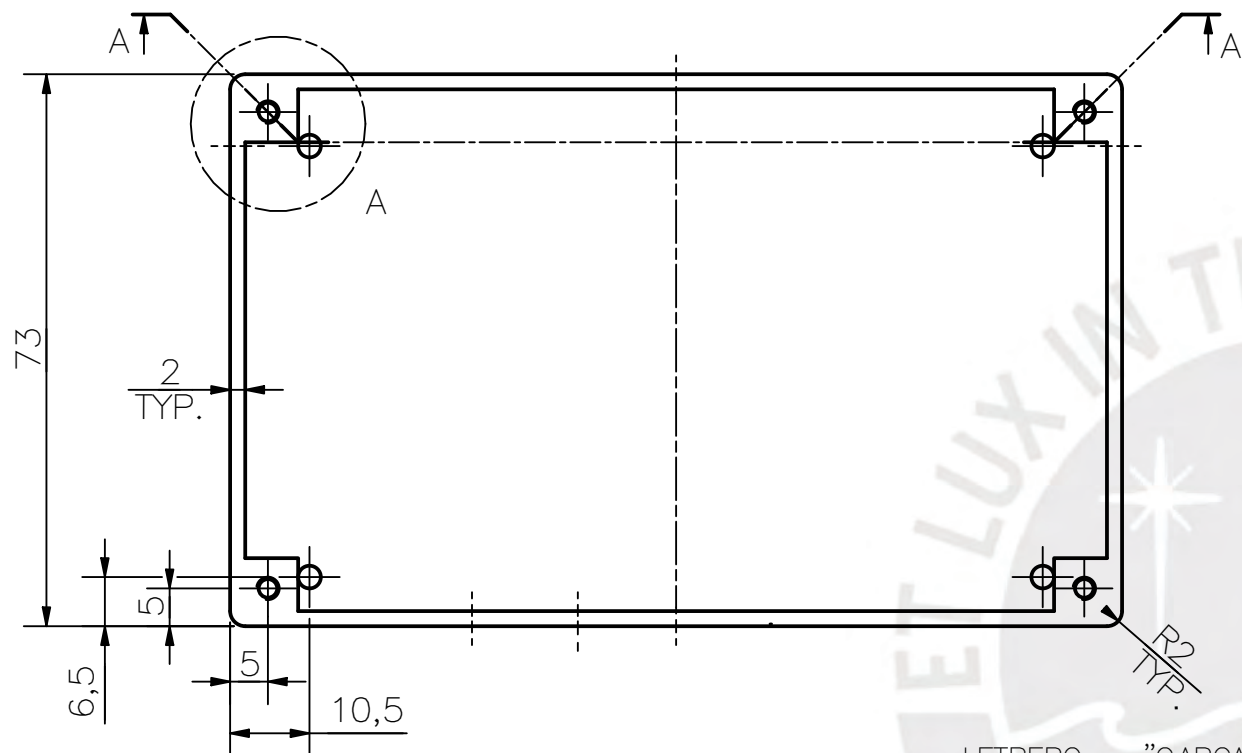


SECCIÓN A-A

- A) CHANFLÁN HACIA LA ESQUINA. DIMENSIONES INDICADAS.
- B) AGUJEROS Y RECUADROS PASANTES SOLO A LA CARA FRONTAL.
- C) LOS LETREROS SON OPCIONALES. TALLADO CON 0.3mm PROFUNDIDAD.



ESCALA 1 : 2



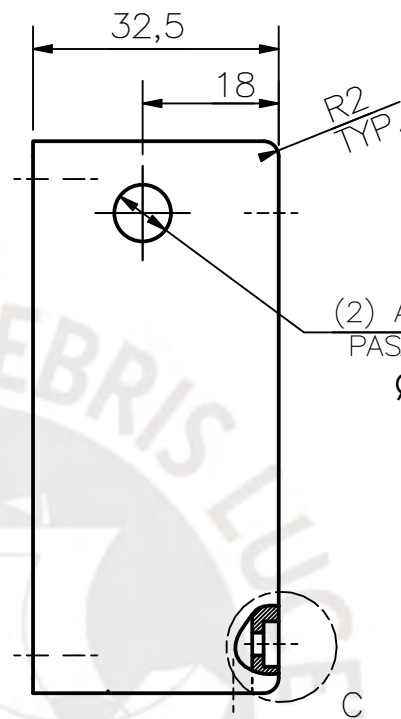
LETRERO = "CONTROL"
NOTA C)

LETRERO = "CARGA DE BATERÍA"
NOTA C)

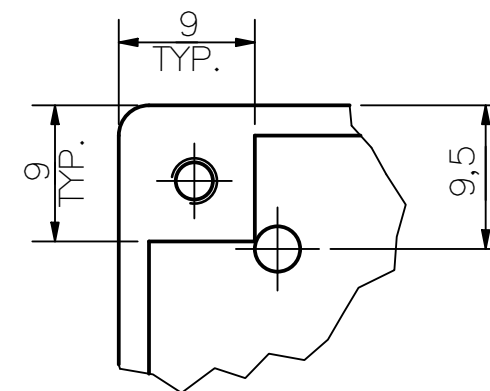
NOTA B)

LETRERO = "ON/OFF"
NOTA C)

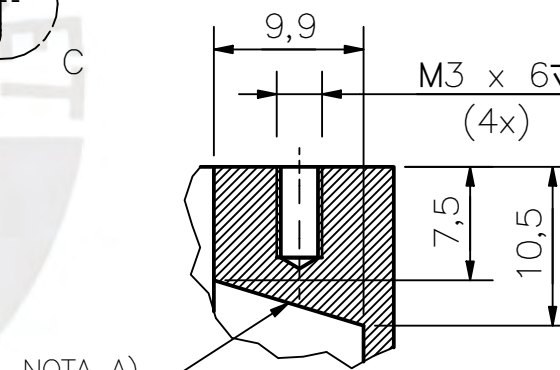
LETRERO = "RESET"
NOTA C)



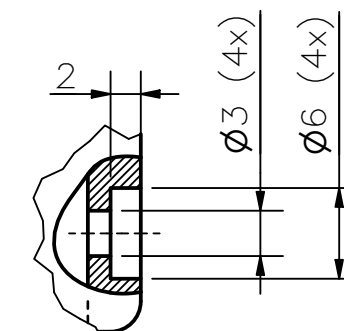
(2) AGUJEROS PASANTES DE Ø7,5



DETALLE A
ESCALA 2 : 1

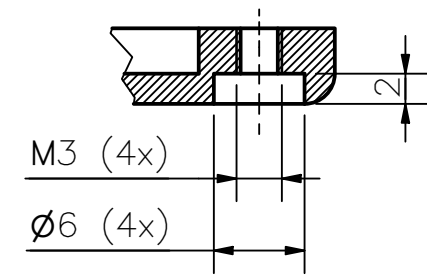
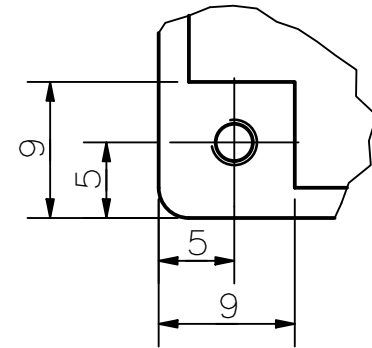
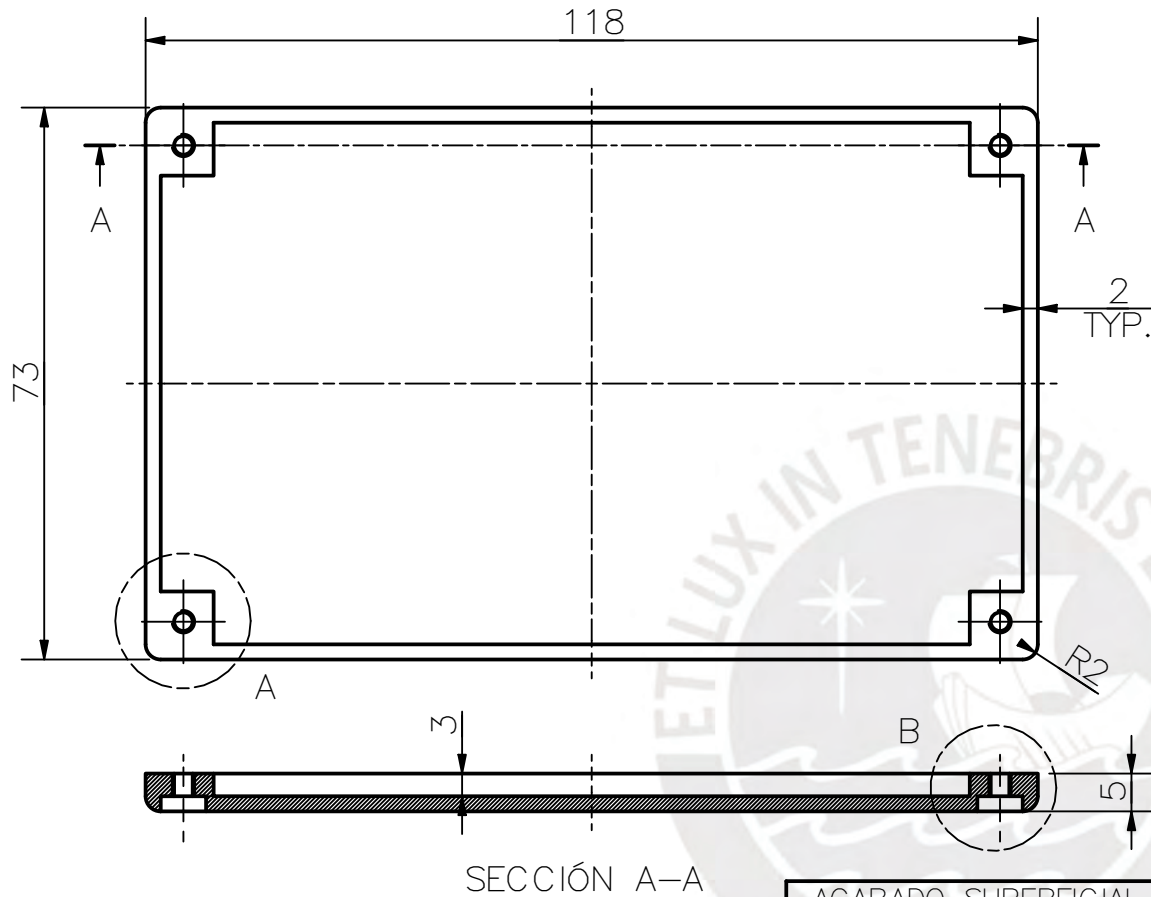


DETALLE B
ESCALA 2 : 1



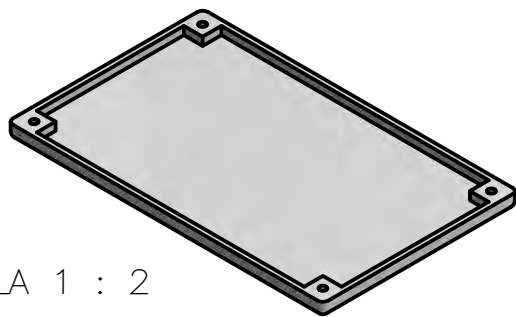
DETALLE C
ESCALA 2 : 1

ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DEPOSICIÓN FUNDIDA -0.1 mm	MATERIAL PLÁSTICO PLA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR CARCARA INFERIOR CONSOLA FUERZA	ESCALA 1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MW_P001_A3

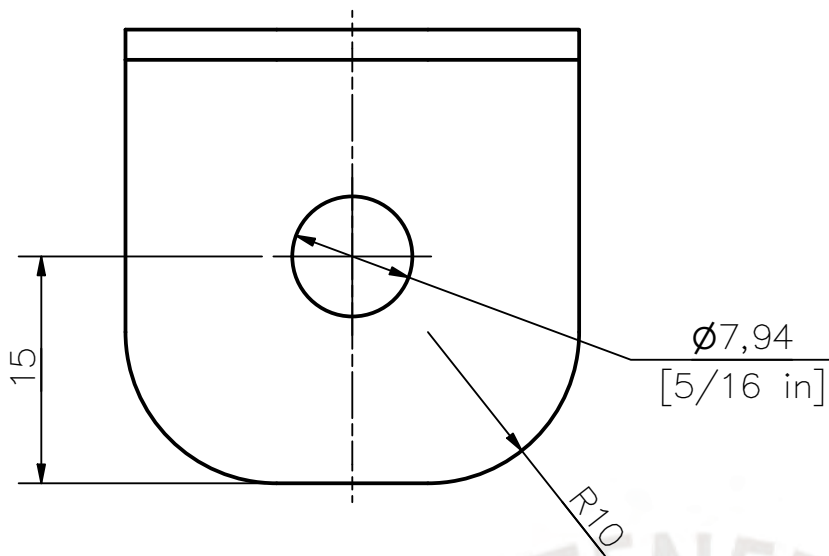


SECCIÓN A-A

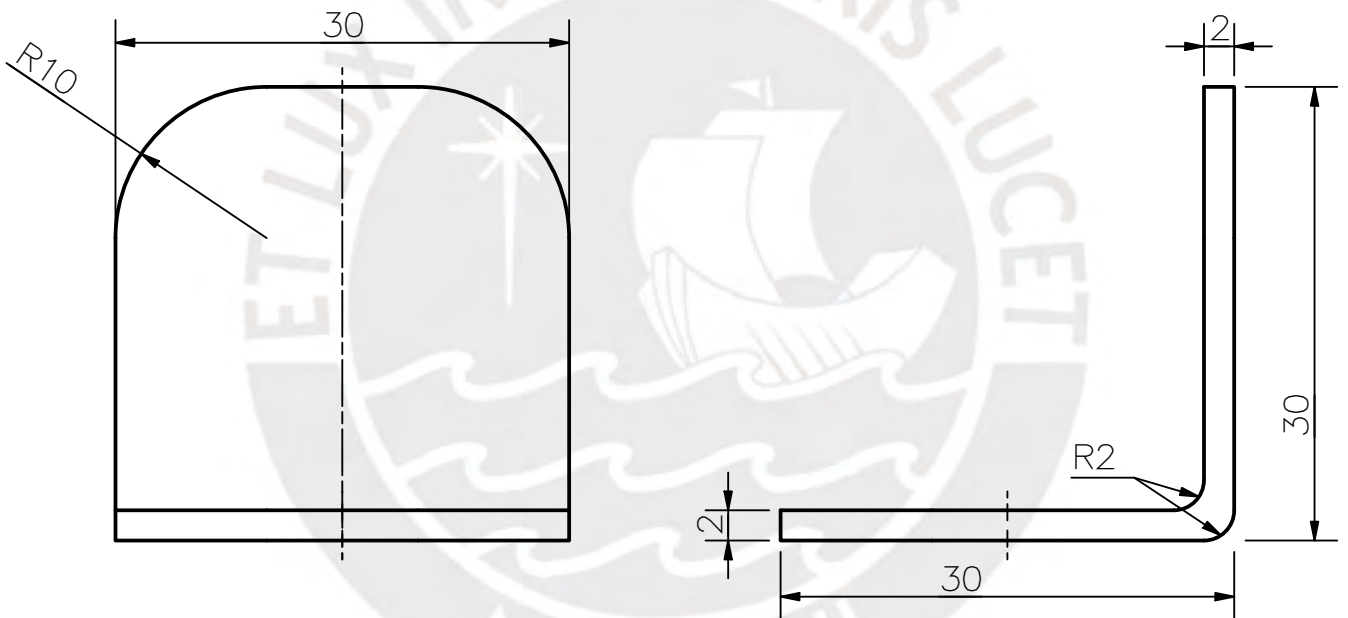
ESCALA 1 : 2



ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DEPOSICIÓN FUNDIDA -0.1 mm	MATERIAL PLÁSTICO PLA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR CARCARA SUPERIOR CONSOLA FUERZA	ESCALA 1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MW_P002_A4

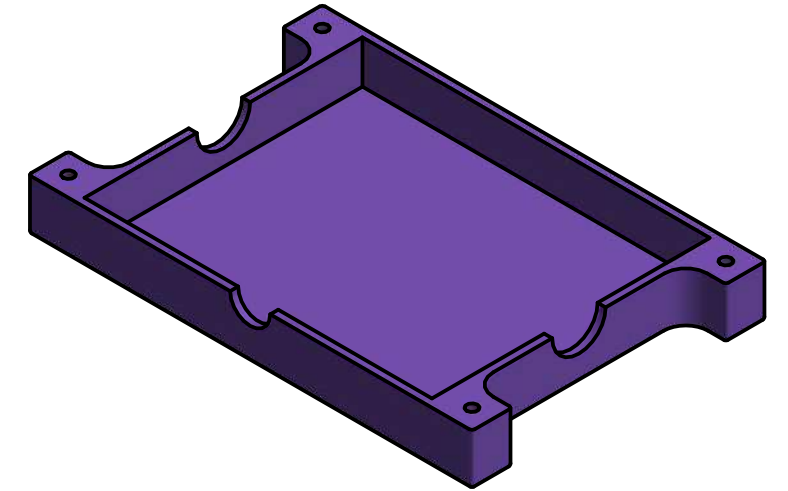
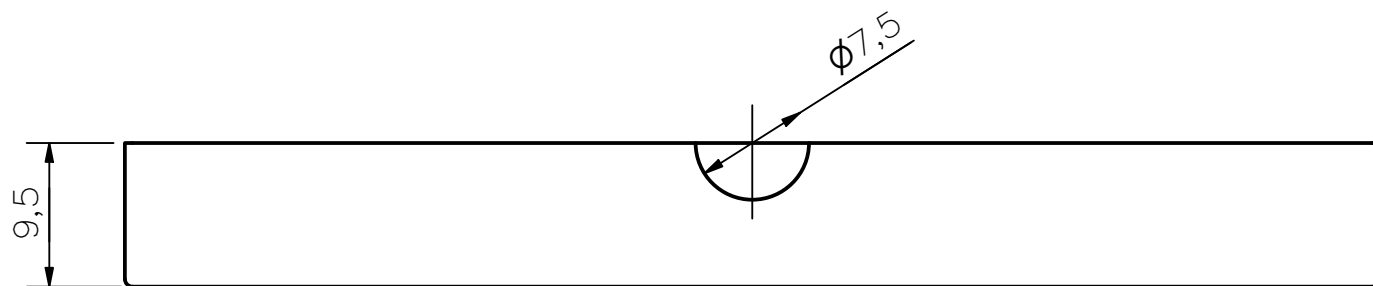
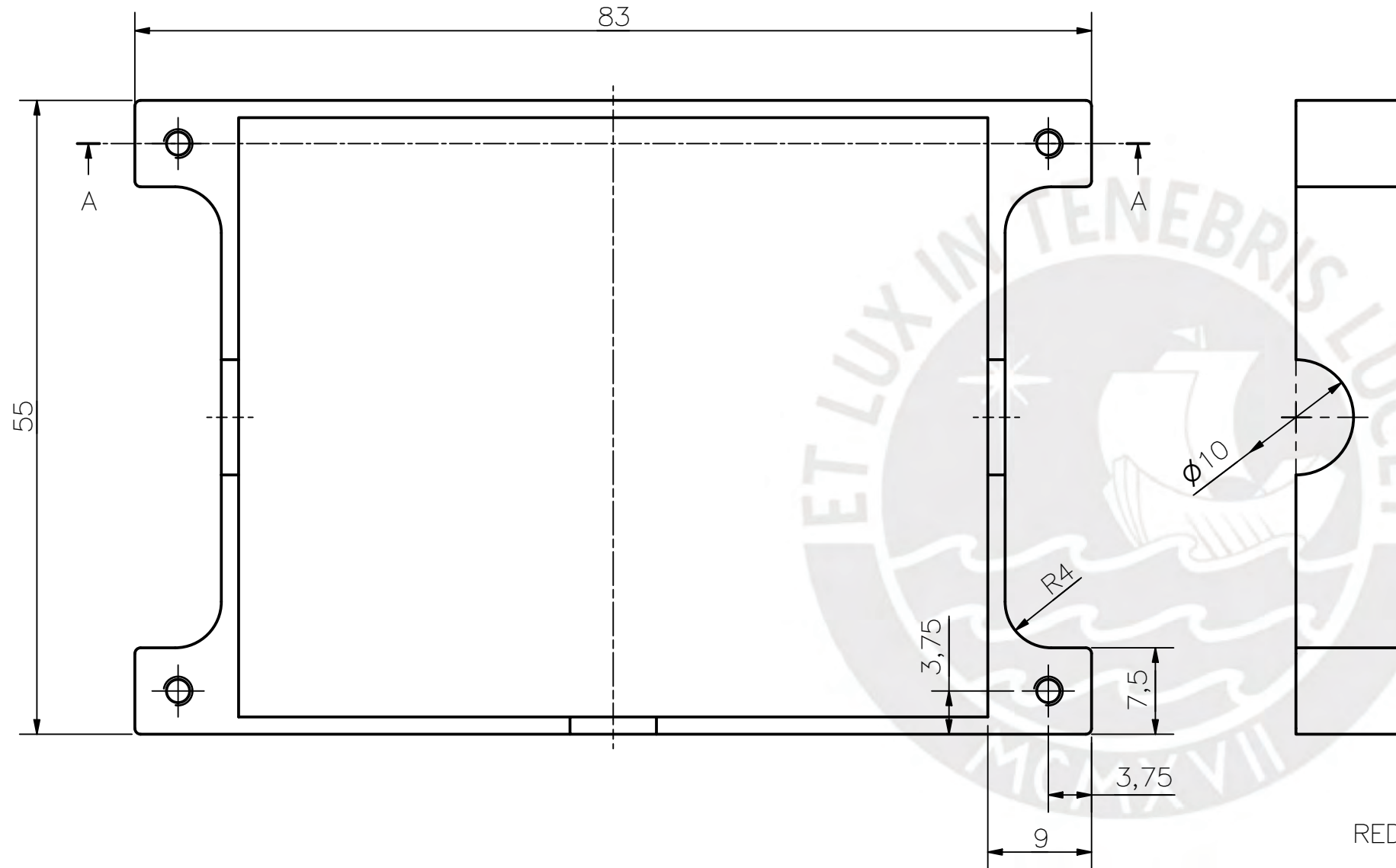
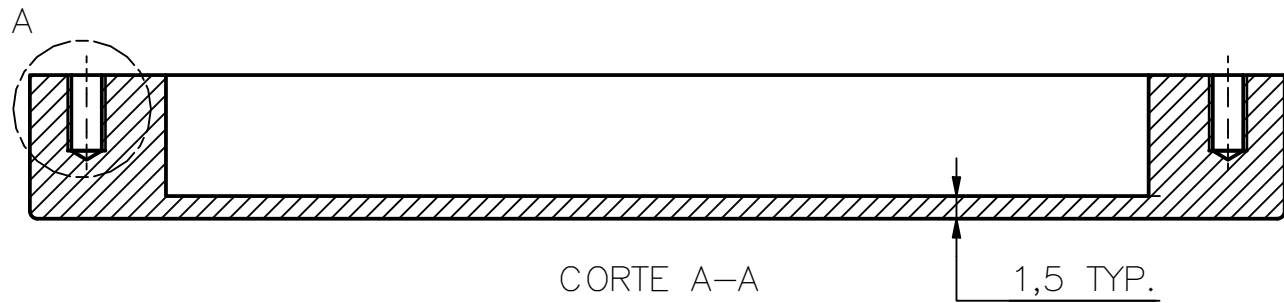


ESCALA 1 : 1

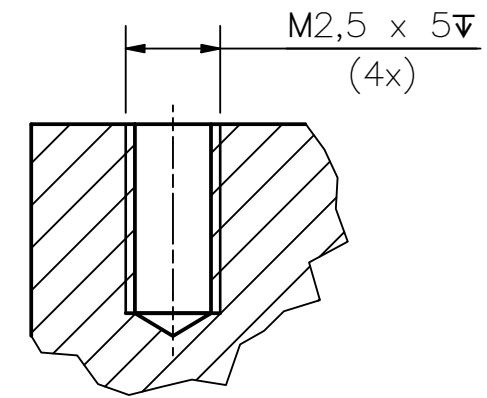


TODOS LOS AGUJEROS SON PASANTES.

ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DEPOSICIÓN FUNDIDA -0.1 mm	MATERIAL PLÁSTICO PLA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR ELE CONSOLA FUERZA	ESCALA 2:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MW_P003_A4

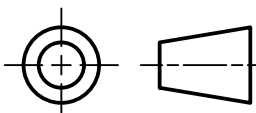


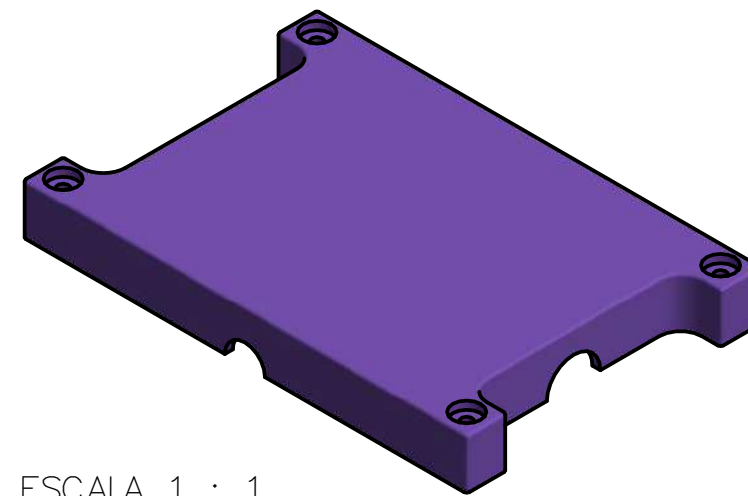
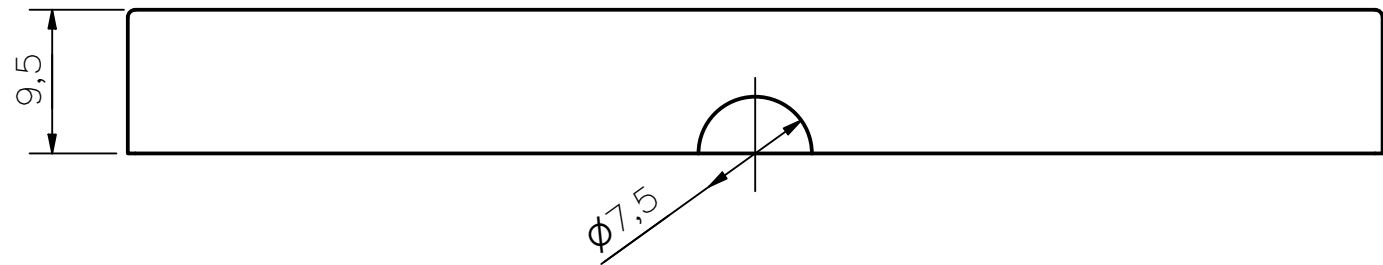
ESCALA 1 : 1



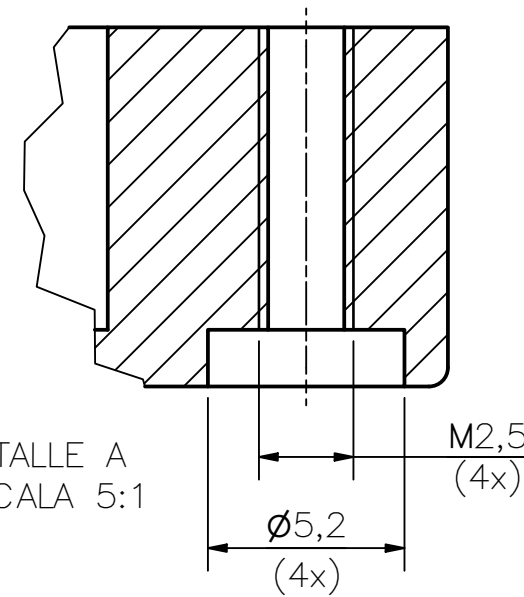
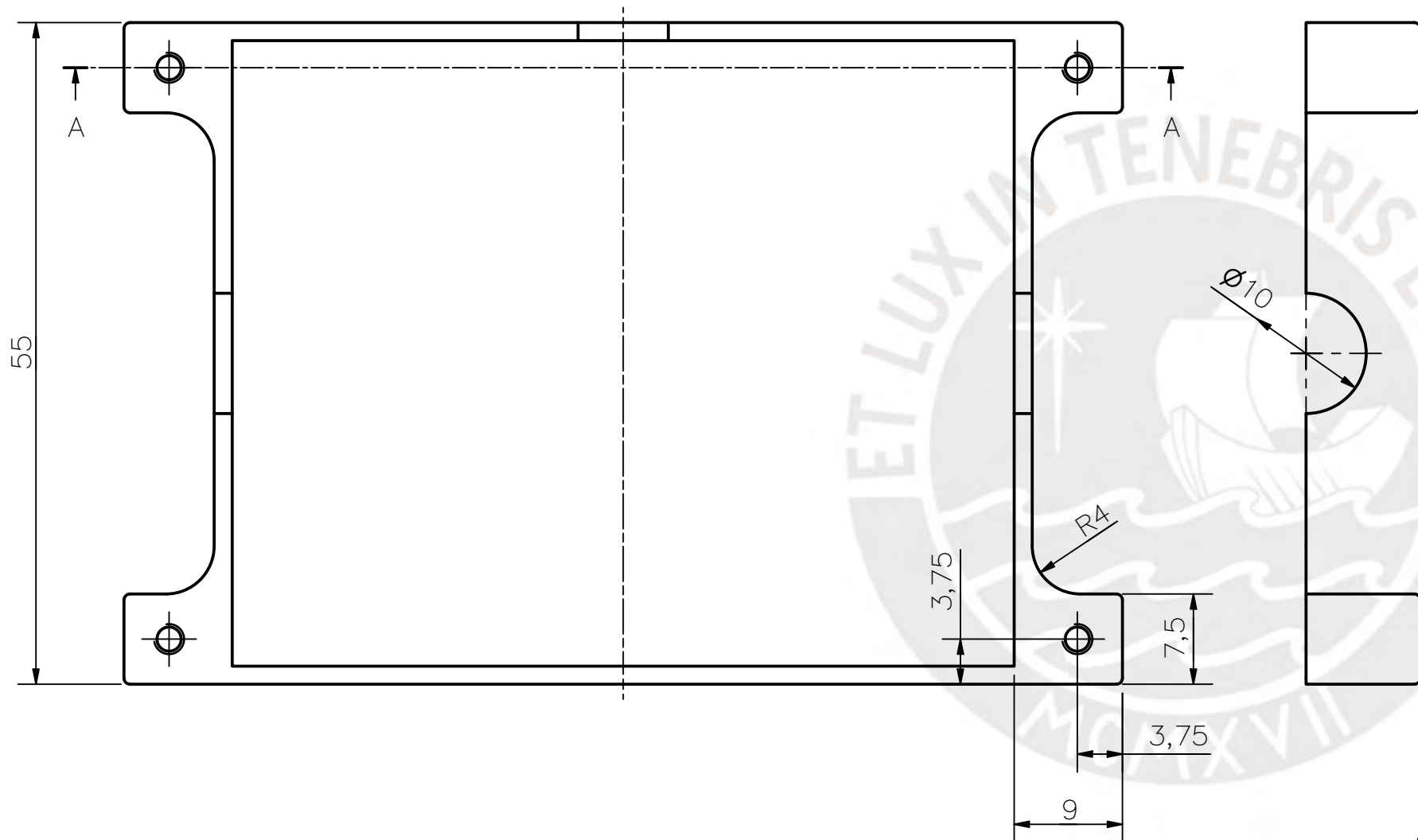
DETALLE A
ESCALA 5: 1

REDONDEOS NO INDICADOS R0.5

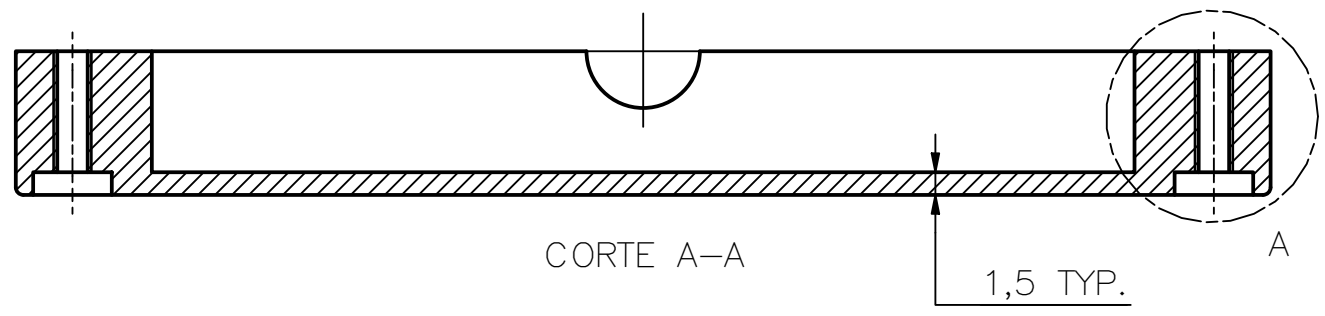
ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DEPOSICIÓN FUNDIDA -0.1 mm	MATERIAL PLÁSTICO PLA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR CARCASA CELDA DE CARGA 1	ESCALA 2:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 02-FEB-21
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MW_P004_A3



ESCALA 1 : 1



DETALLE A
ESCALA 5:1

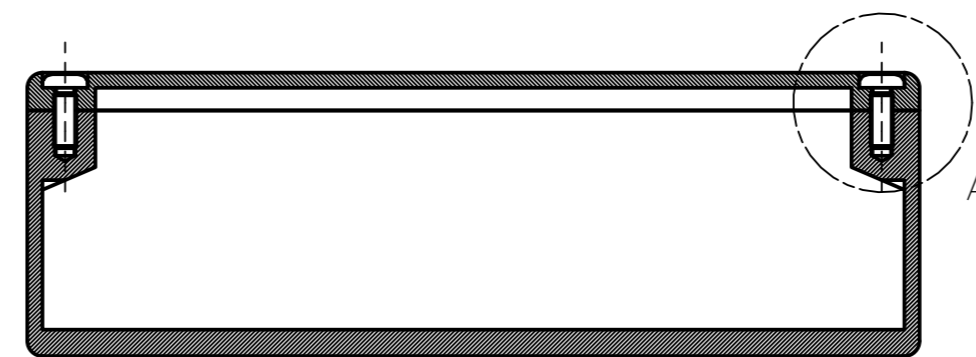
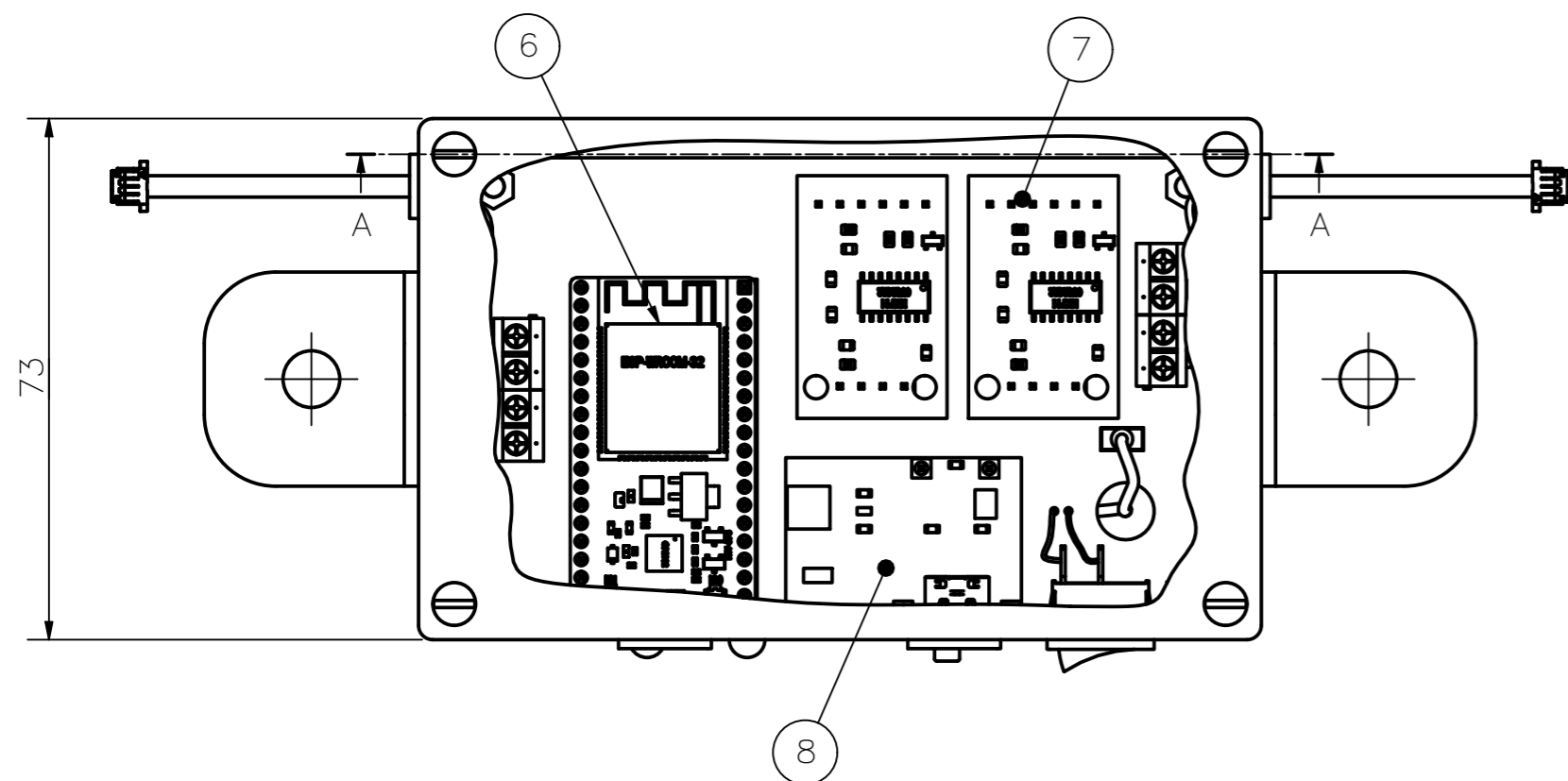


CORTE A-A

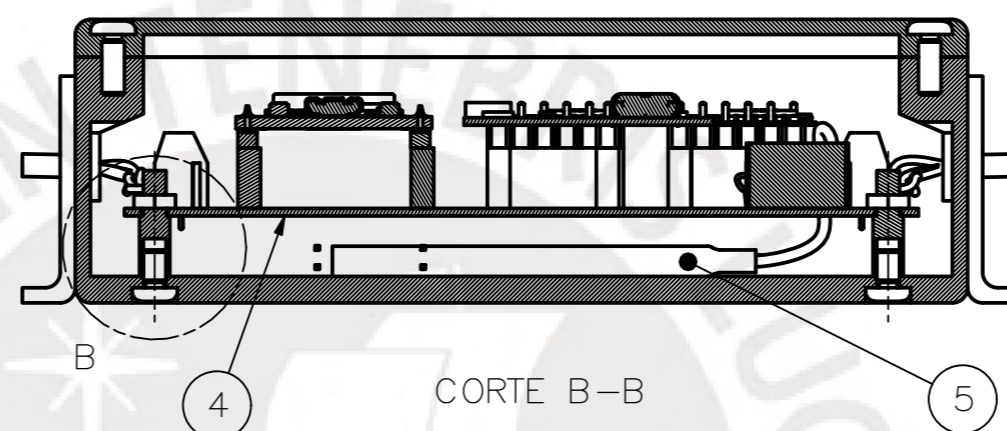
1,5 TYP.

REDONDEOS NO INDICADOS R0.5

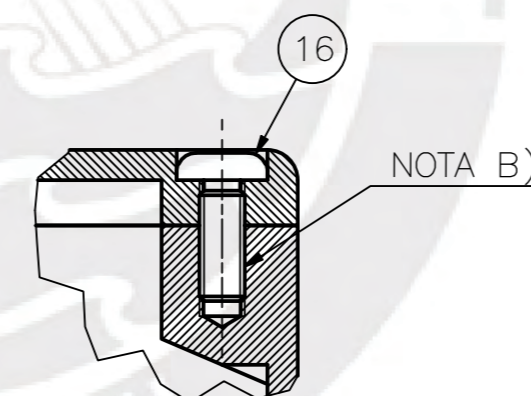
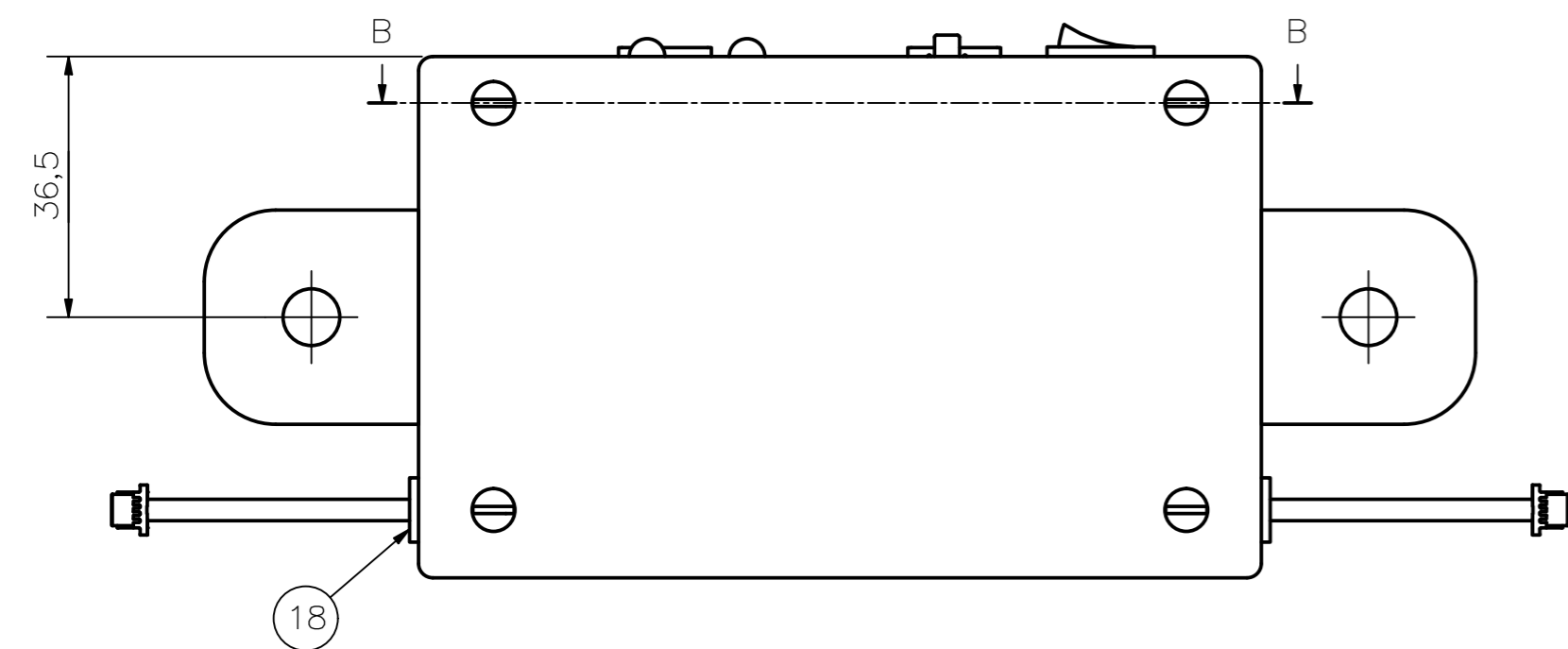
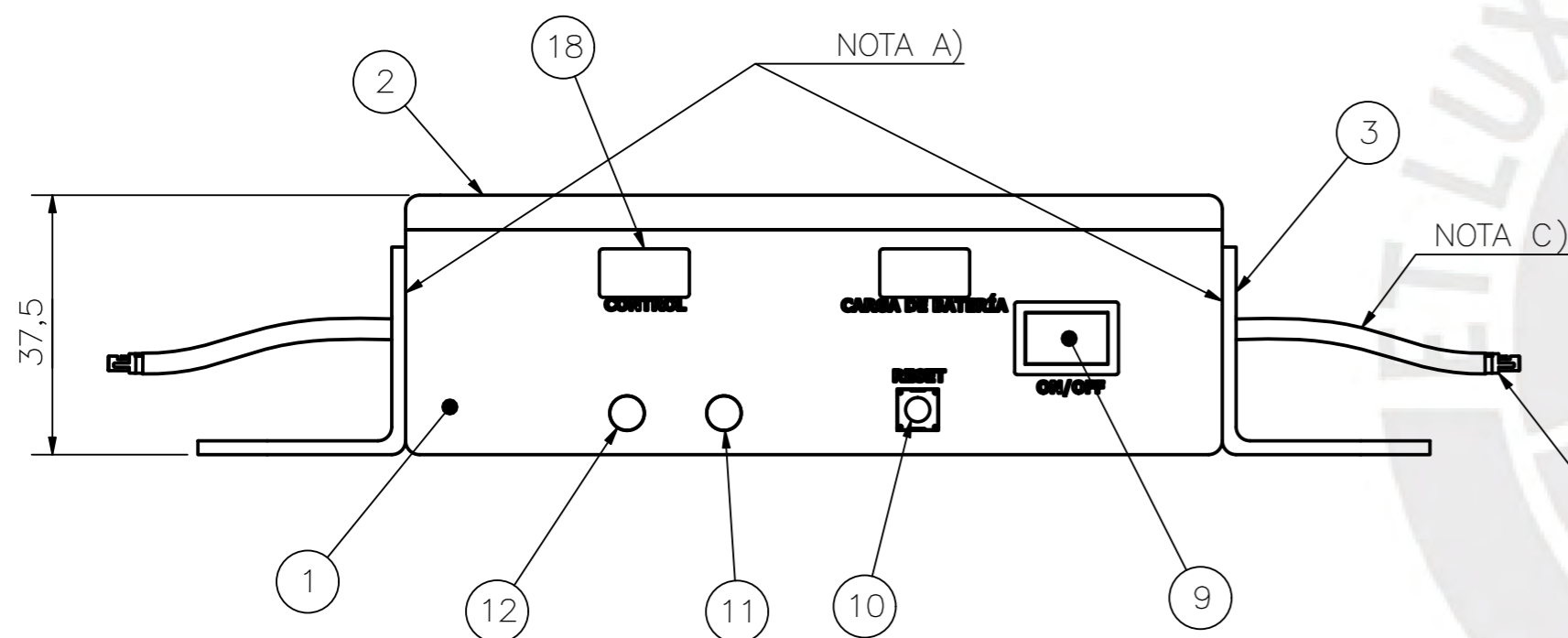
ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DEPOSICIÓN FUNDIDA -0.1 mm	MATERIAL PLÁSTICO PLA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR CARCASA CELDA DE CARGA 2	ESCALA 2:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-FEB-21
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MW_P005_A3



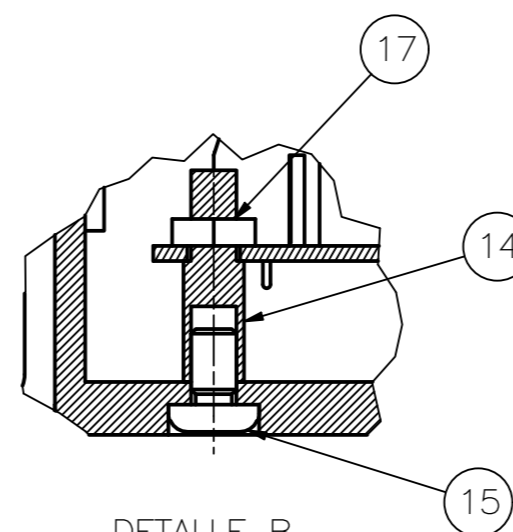
CORTE A-A



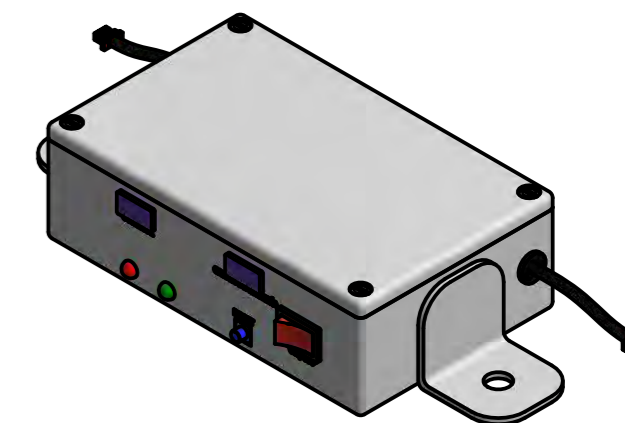
CORTE B-B



DETALLE A
ESCALA 2 : 1



DETALLE B
ESCALA 2 : 1



ESCALA 1:2

- A) ADHERIR CON PEGAMENTO INSTANTÁNEO. SE RECOMIENDA UTILIZAR PEGAMENTO "TRIZ". CENTRAR COMO SE INDICA.
- B) SE RECOMIENDA REALIZAR LA ROSCA EN EL ENSAMBLE Y NO EN CADA PIEZA (VER MW_P001_A3 y MW_P002_A4) PARA ASEGURAR CONTINUIDAD.
- C) LA LONGITUD DE LOS CABLES NO ESTÁ A ESCALA. SOLO ES REFERENCIAL.

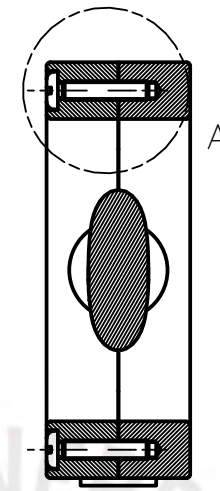
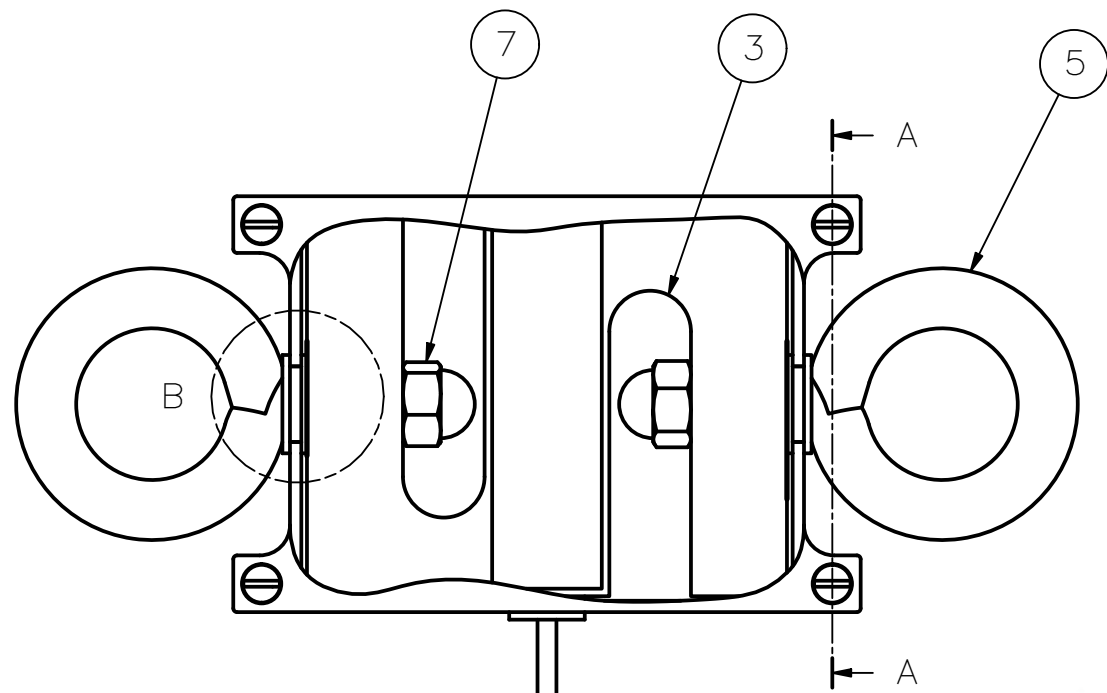
LISTA DE PARTES

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
18	4	TAPONES		TPU 95A	PLÁSTICO FLEXIBLE
17	4	TUERCA M3	AS 1474	AIISI 304	
16	4	PERNO CABEZA REDONDA M3 x 8	AS 1427	AIISI 304	
15	4	PERNO CABEZA REDONDA M3 x 5	AS 1427	AIISI 304	
14	4	SEPARADORES ELECTRÓNICOS M3 x L=14 x 5 mm		COBRE	ELECTROMANIA
13	2	CABLES Y CONECTOR JST		VARIOS	4 PINES MACHO
12	1	LED ROJO 5mm		VARIOS	NAYLAMP MECHATRONICS
11	1	LED VERDE 5mm		VARIOS	NAYLAMP MECHATRONICS
10	1	MINI BOTÓN 6x6mm		VARIOS	ELECTROMANIA
9	1	MINI INTERRUPTOR 10x15mm		VARIOS	ELECTROMANIA
8	1	CARGADOR DE BATERÍA Y ELEVADOR DE VOLTAJE J5019		VARIOS	NAYLAMP MECHATRONICS
7	2	CONVERSOR ADC HX711		VARIOS	NAYLAMP MECHATRONICS
6	1	MICROCONTROLADOR ESP32		VARIOS	ELECTROMANIA
5	1	BATERIA DE LITIO 3.7V 2000mAh		VARIOS	HIFI SAC.
4	1	TARJETA ELECTRÓNICA		VARIOS	VER EW_P001_A3
3	2	ELE CONSOLA FUERZA		PLÁSTICO PLA	VER MW_P003_A4
2	1	CARCASA SUPERIOR CONSOLA FUERZA		PLÁSTICO PLA	VER MW_P002_A4
1	1	CARCASA INFERIOR CONSOLA FUERZA		PLÁSTICO PLA	VER MW_P001_A3

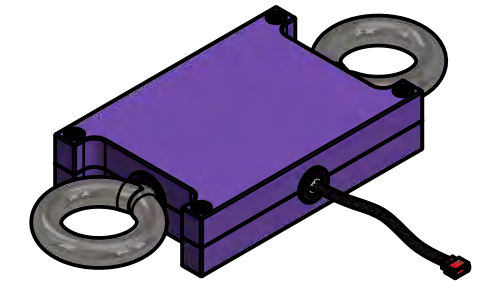
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINESICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA
	CONSOLA FUERZA	1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MW_E001_A2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------

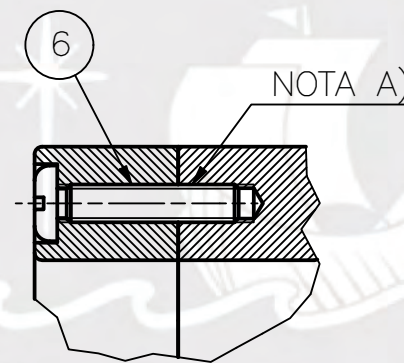
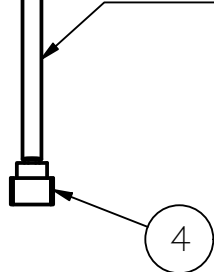


CORTE A-A



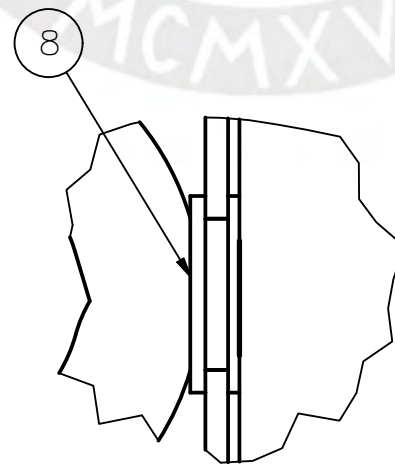
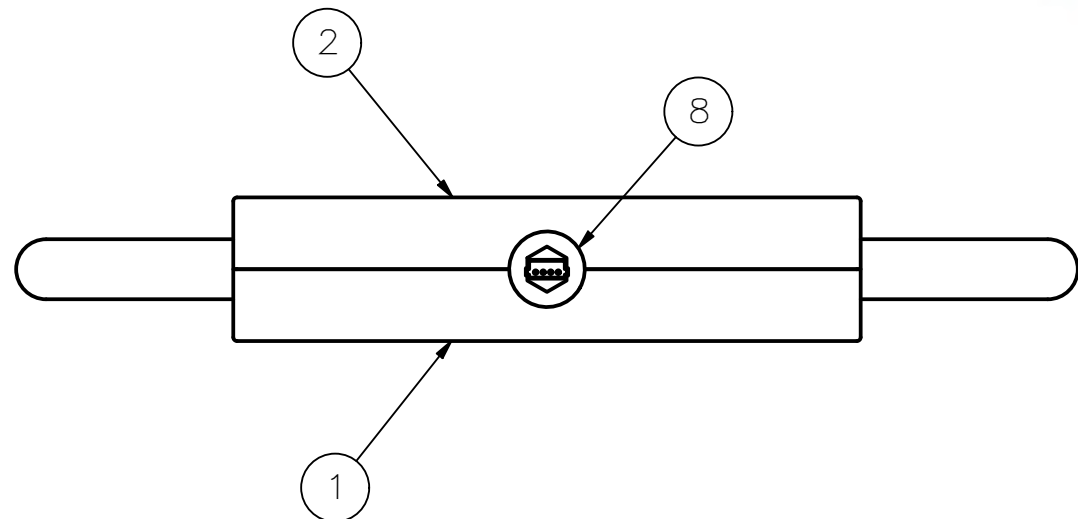
ESCALA: 1:2

NOTA B)



DETALLE A
ESCALA 2 : 1

NOTA A)



DETALLE B
ESCALA 2 : 1

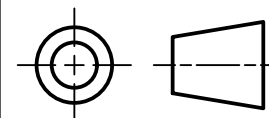
- A) SE RECOMIENDA REALIZAR LA ROSCA EN EL ENSAMBLE Y NO EN CADA PIEZA (VER MW_P004_A3 y MW_P005_A3) PARA ASEGURAR CONTINUIDAD.
- B) LA LONGITUD DE LOS CABLES NO ESTÁ A ESCALA. SOLO ES REFERENCIAL.

LISTA DE PARTES

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
8	3	TAPONES		TPU 95A	PLÁSTICO FLEXIBLE
7	2	TUERCA CIEGA 1/4"	ASME B.1.1	AISI 304	
6	4	PERNO CABEZA REDONDA M2.5 x 12	AS 1427	AISI 304	
5	2	ARMELLA CON CUERDA 5/16"		AISI 304	
4	1	CABLES Y CONECTOR JST		VARIOS	4 PINES HEMBRA
3	1	CELDA DE CARGA TIPO S		ALUMINIO 6061	CAPACIDAD DE CARGA 50kg
2	1	CARCASA CELDA DE CARGA 2		PLÁSTICO PLA	MW_P005_A3
1	1	CARCASA CELDA DE CARGA 1		PLÁSTICO PLA	MW_P004_A3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR

ENSAMBLE CELDA DE CARGA

ESCALA

1:1

REALIZADO POR:

VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.

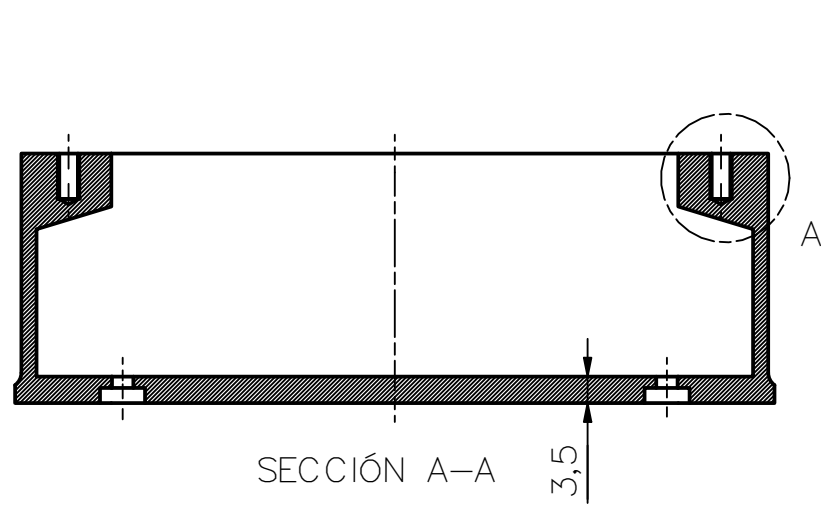
FECHA:
10-JUL-21

ASESOR:

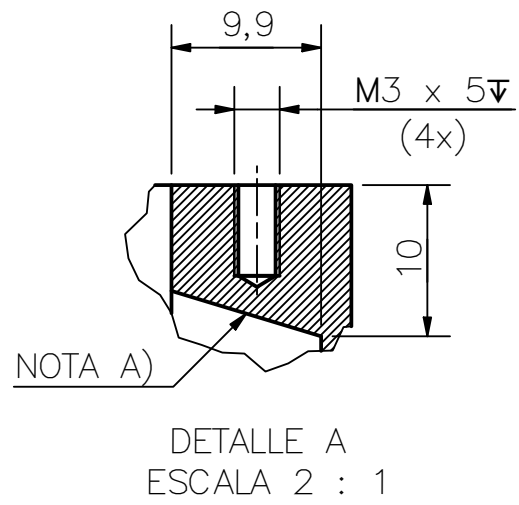
LENGUA HUERTAS, CESAR A.

LÁMINA:
MW_E002_A3

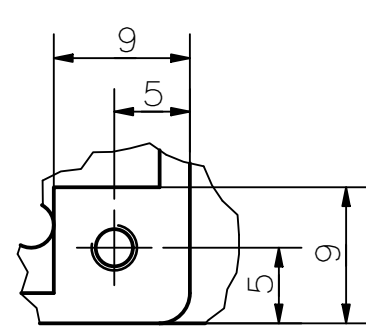
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



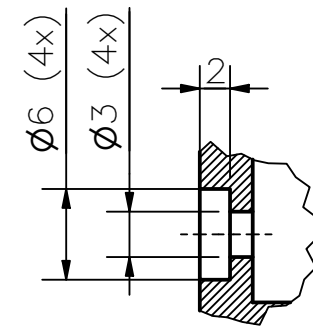
SECCIÓN A-A



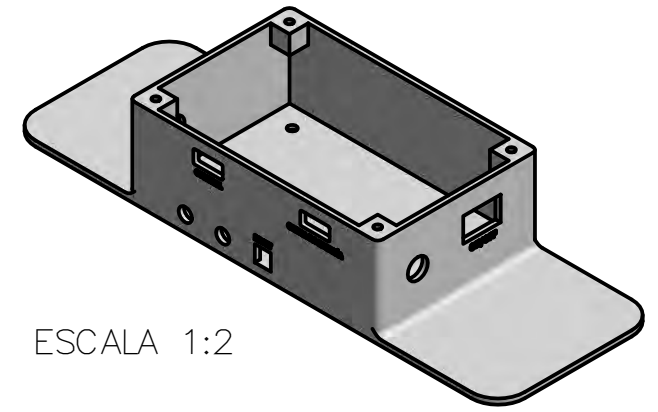
DETALLE A
ESCALA 2 : 1



DETALLE B
ESCALA 2 : 1

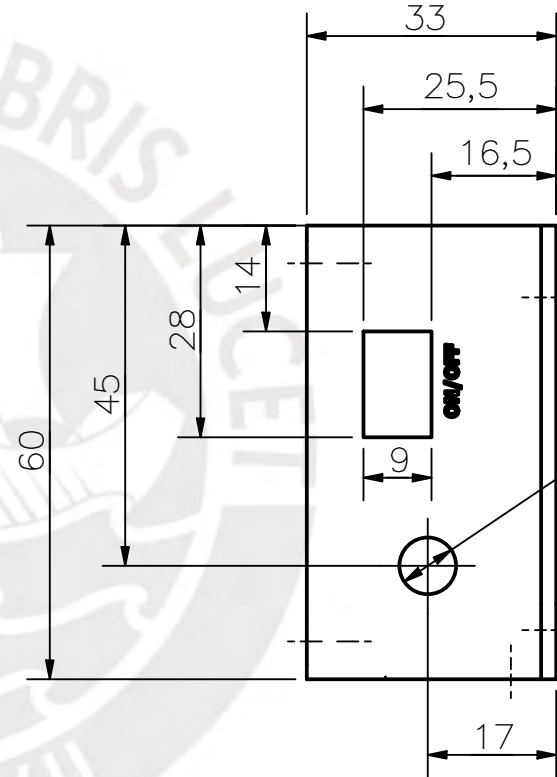
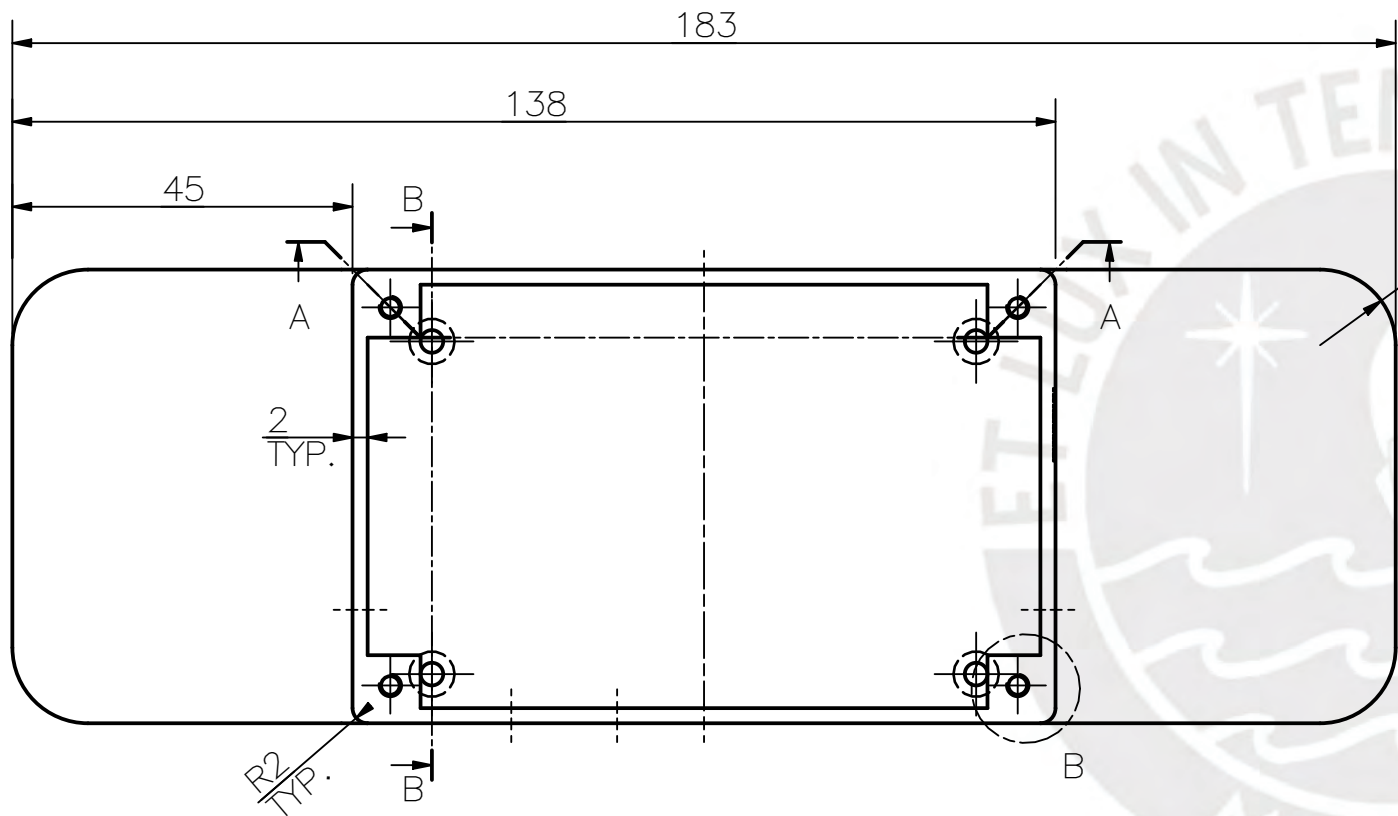


DETALLE C
ESCALA 2 : 1

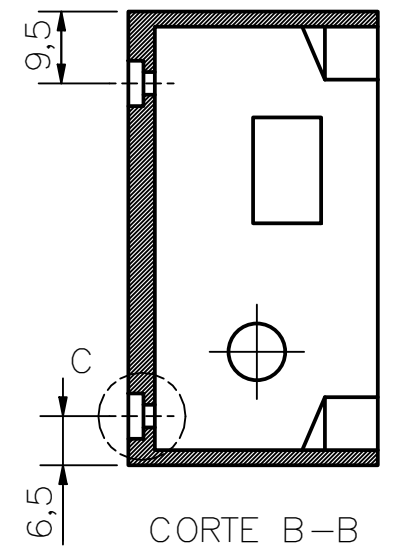


ESCALA 1:2

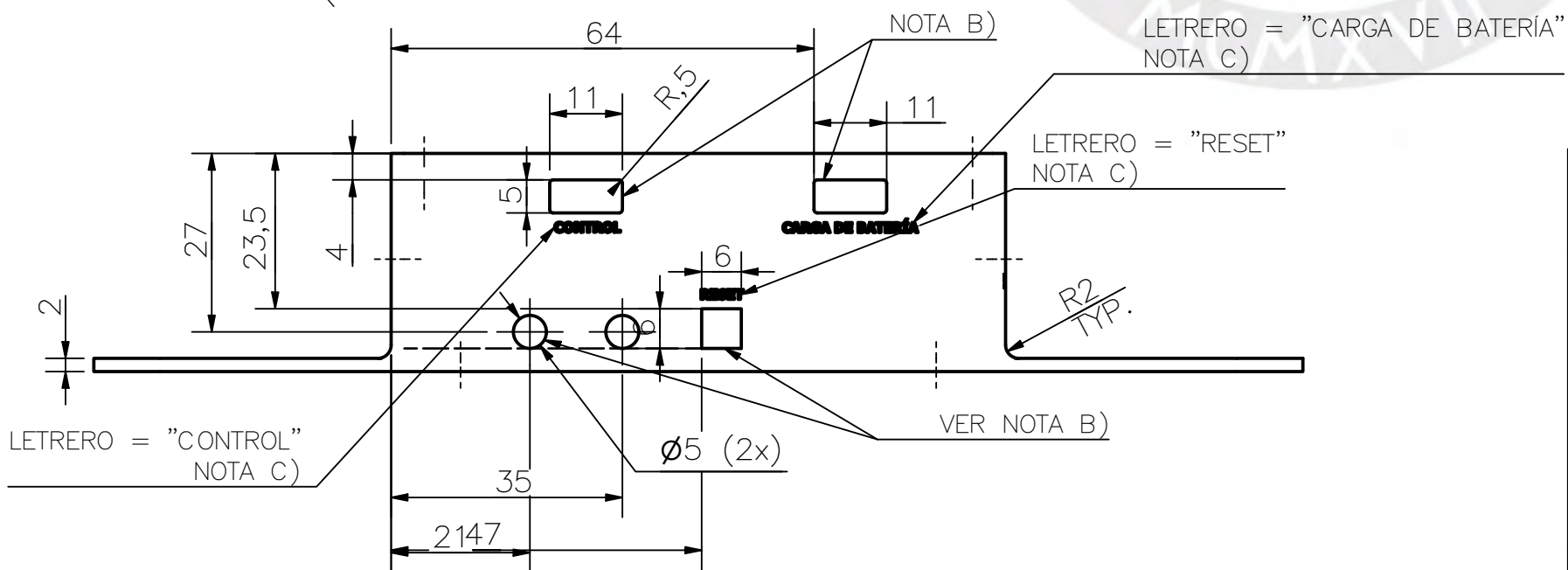
- A) CHANFLÁN HACIA LA ESQUINA. DIMENSIONES INDICADAS.
- B) AGUJEROS Y RECUADROS PASANTES SOLO A LA CARA FRONTAL.
- C) LOS LETREROS SON OPCIONALES. TALLADO CON 0.3mm PROFUNDIDAD.



(2) AGUJEROS PASANTES $\phi 7,5$



CORTE B-B



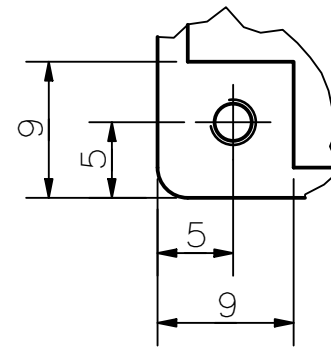
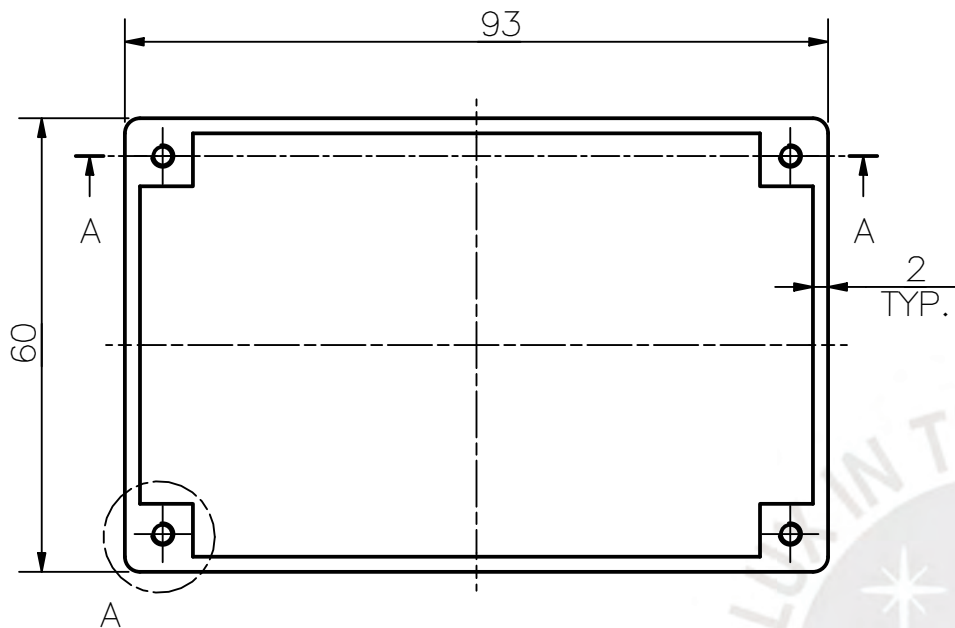
LETRERO = "CARGA DE BATERÍA"
NOTA C)

LETRERO = "RESET"
NOTA C)

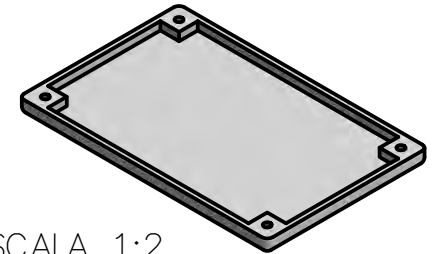
LETRERO = "CONTROL"
NOTA C)

VER NOTA B)

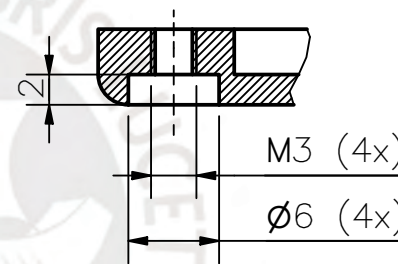
ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DEPOSICIÓN FUNDIDA -0.1 mm	MATERIAL PLÁSTICO PETG
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR CARCASA INFERIOR CONSOLA PROXIMIDAD	ESCALA 1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MP_P001_A3



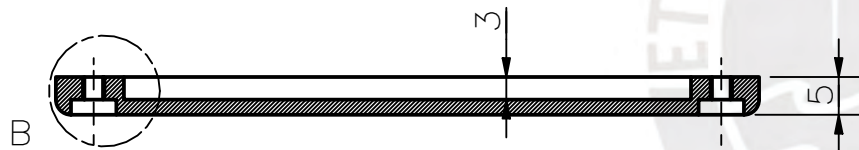
DETALLE A
ESCALA 2 : 1



ESCALA 1:2

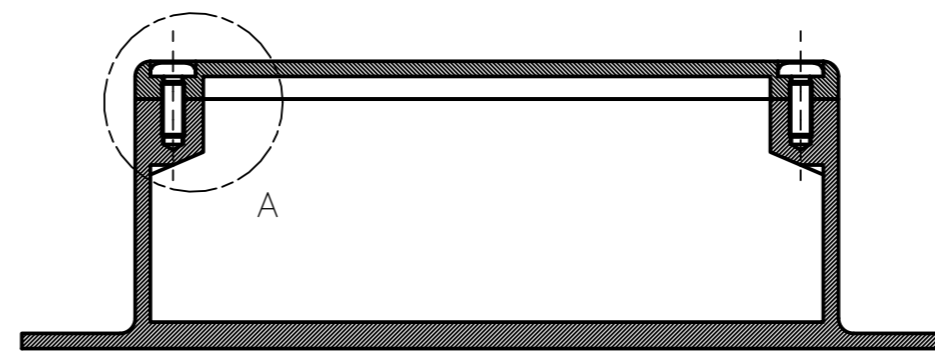
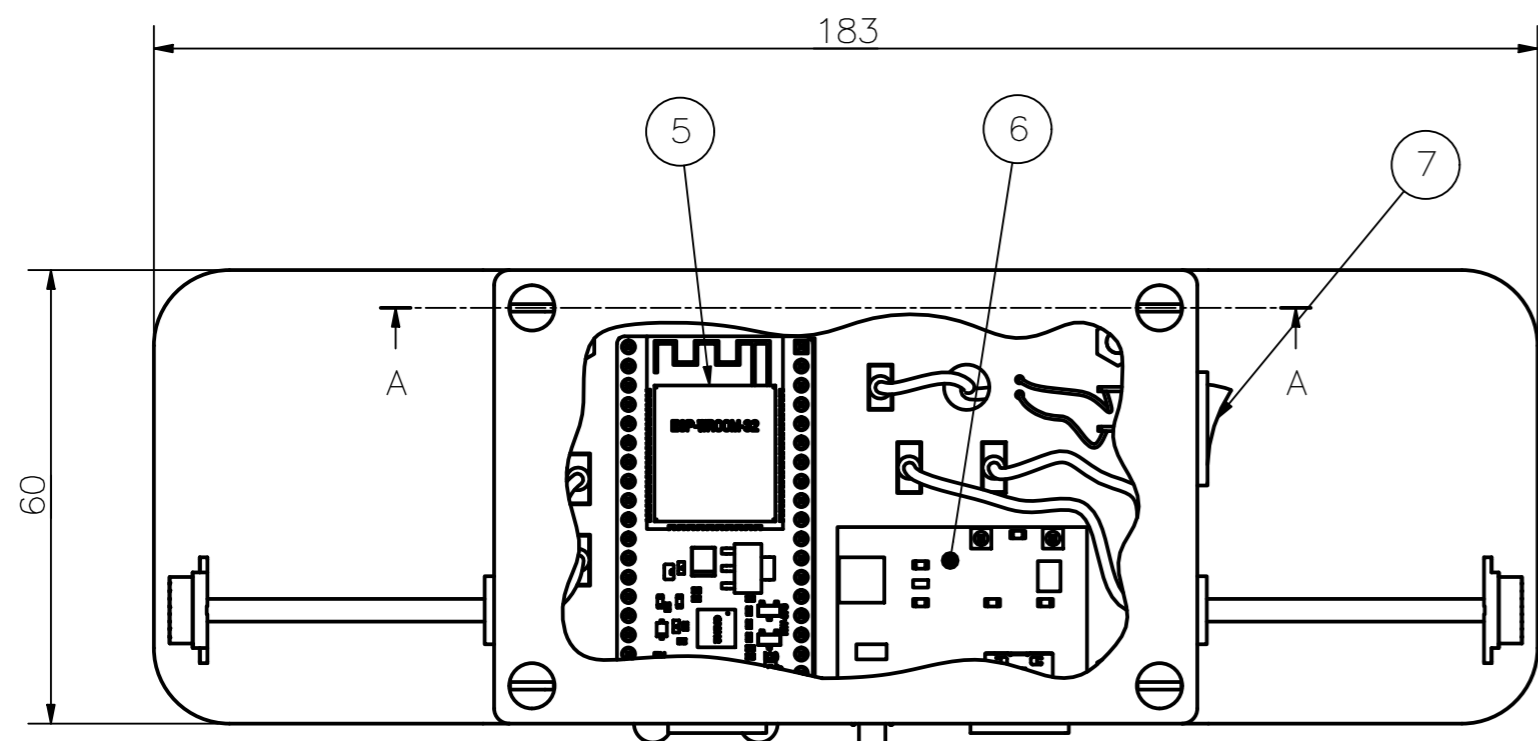


DETALLE B
ESCALA 2 : 1

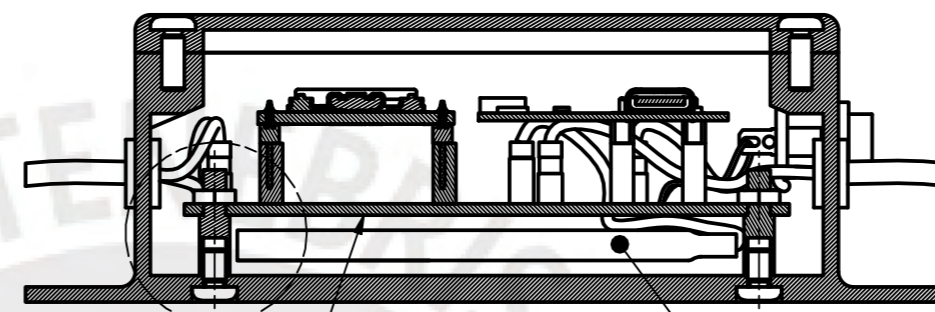


SECCIÓN A-A

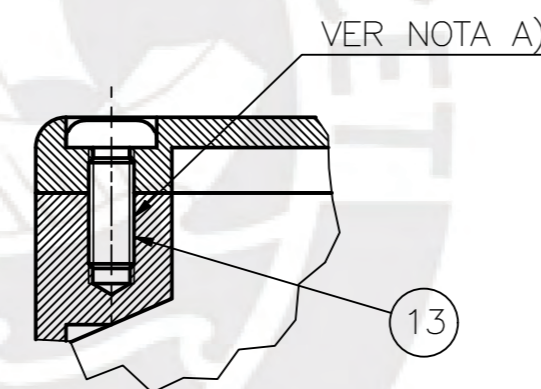
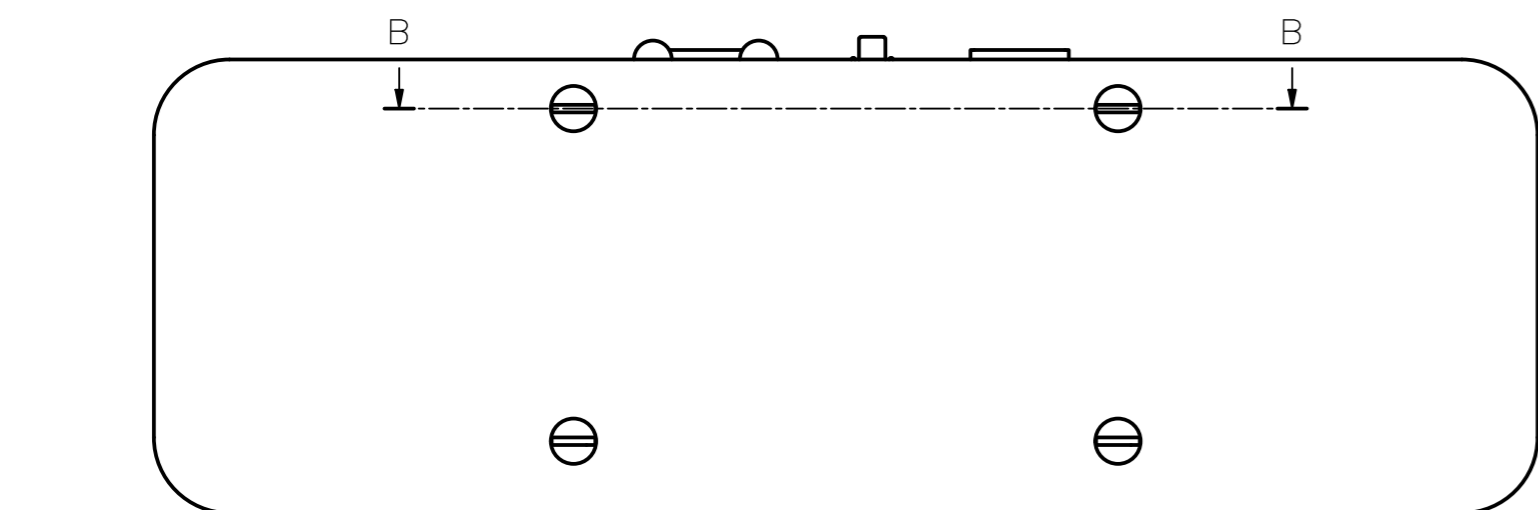
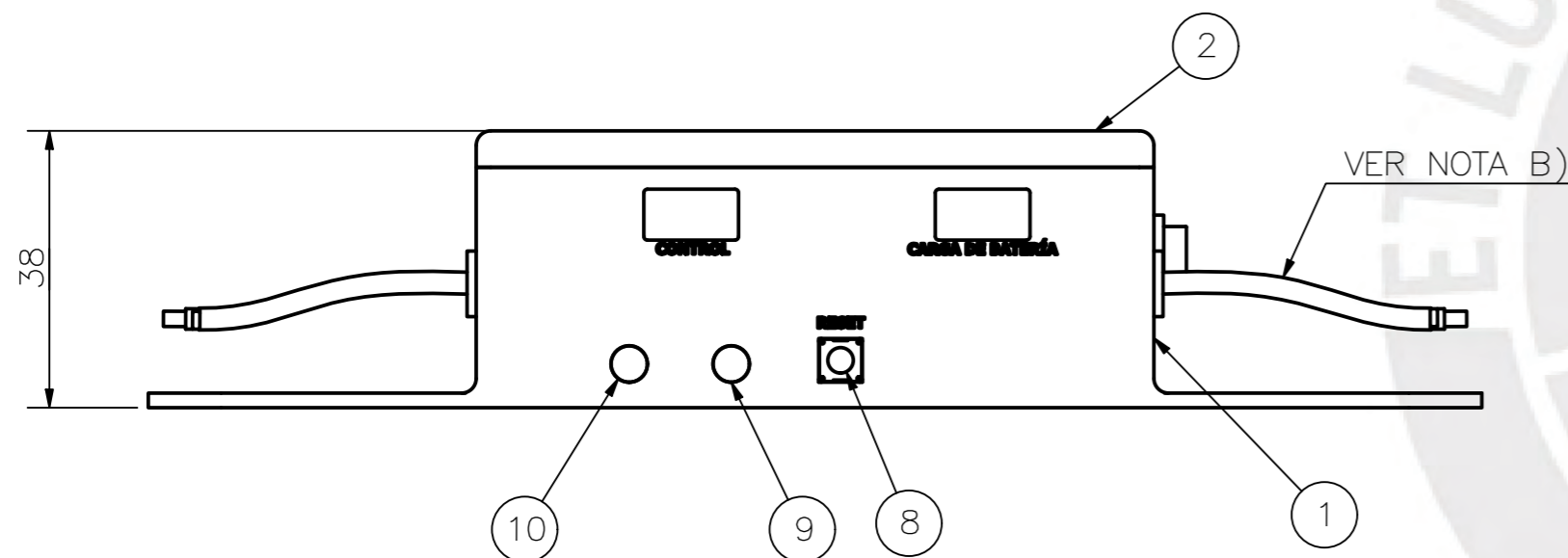
ACABADO SUPERFICIAL N9 V	TOLERANCIA GENERAL DEPOSICIÓN FUNDIDA -0.1 mm	MATERIAL PLÁSTICO PETG
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR CARCARA SUPERIOR CONSOLA PROXIMIDAD	ESCALA 1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MP_P002_A4



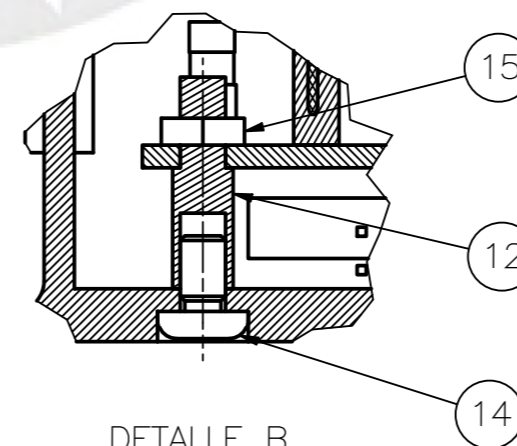
CORTE A-A



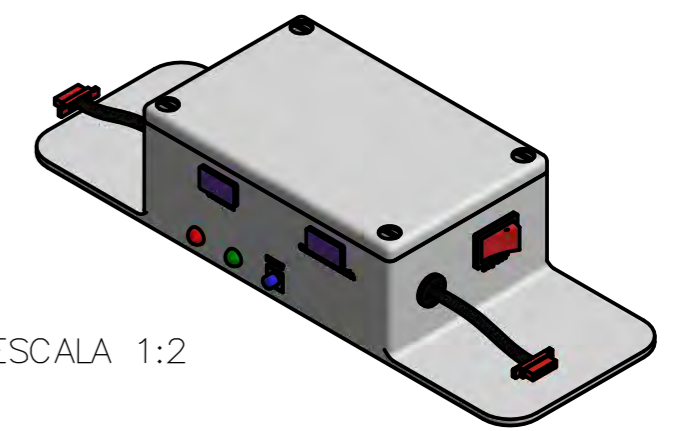
CORTE B-B



DETALLE A
ESCALA 2 : 1



DETALLE B
ESCALA 2 : 1



ESCALA 1:2

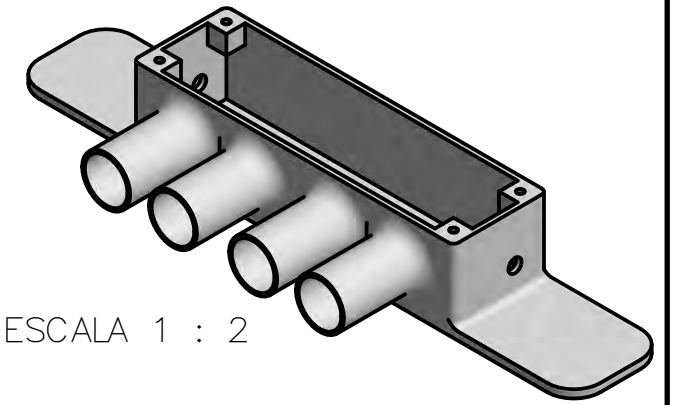
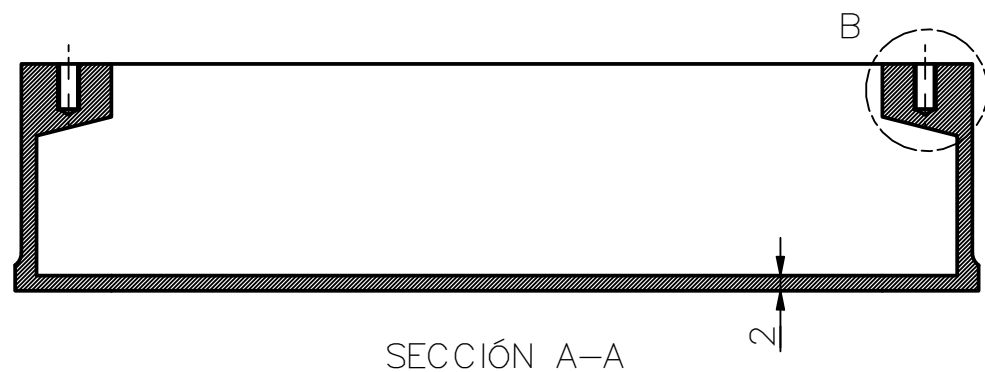
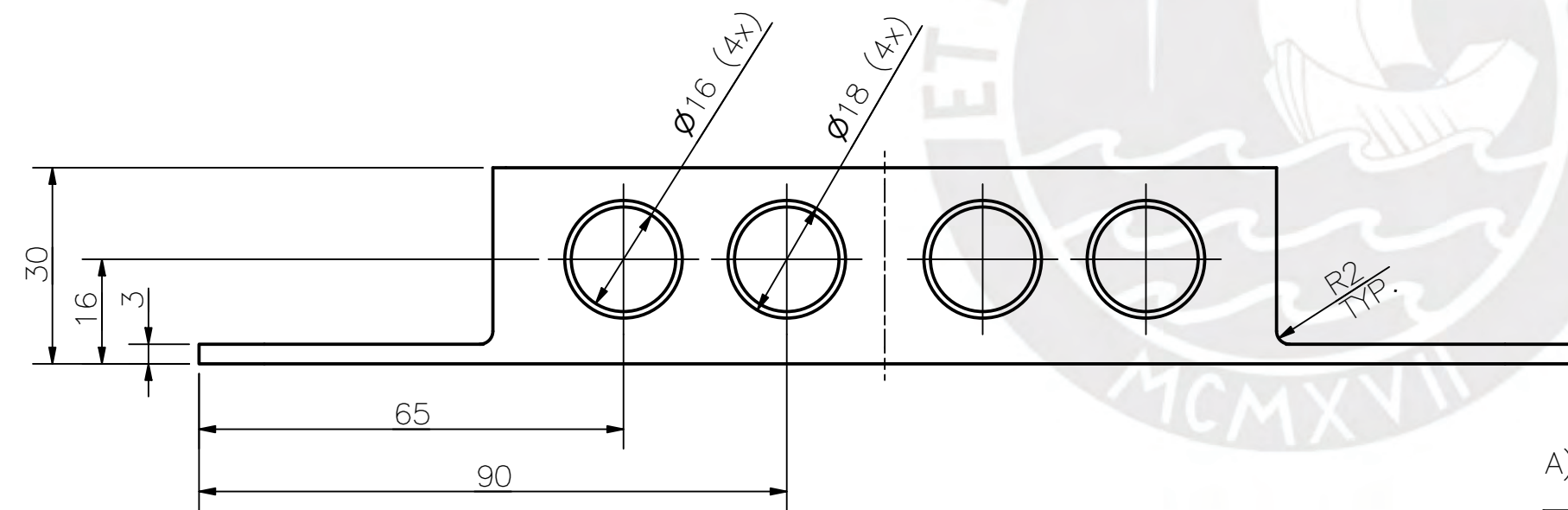
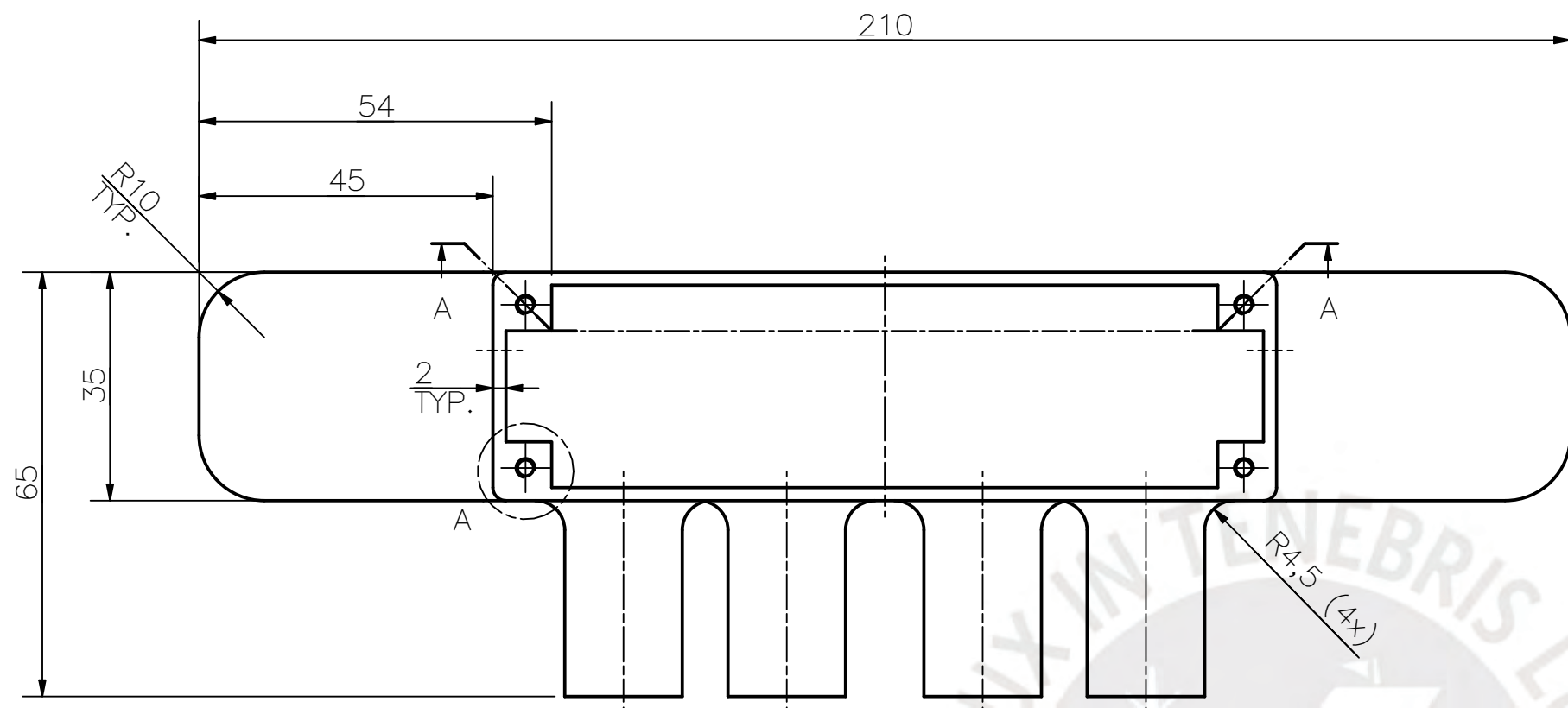
- A) SE RECOMIENDA REALIZAR LA ROSCA EN EL ENSAMBLE Y NO EN CADA PIEZA (VER MP_P001_A3 Y MP_P002_A4) PARA ASEGURAR CONTINUIDAD.
- B) LA LONGITUD DE LOS CABLES NO ESTÁ A ESCALA. SOLO ES REFERENCIAL.

LISTA DE PARTES					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
16	4	TAPONES		TPU 95A	PLÁSTICO FLEXIBLE
15	4	ARANDELA PLANA M3	AS 1474	AI SI 304	
14	4	PERNO CABEZA REDONDA M3 x 5	AS 1427	AI SI 304	
13	4	PERNO CABEZA REDONDA M3 x 8	AS 1427	AI SI 304	
12	4	SEPARADORES ELECTRÓNICOS M3 x L=14 x 5 mm		COBRE	ELECTROMANIA
11	2	CABLES Y CONECTOR JST		VARIOS	8 PINES MACHO
10	1	LED ROJO 5mm		VARIOS	NAYLAMP MECHATRONICS
9	1	LED VERDE 5mm		VARIOS	NAYLAMP MECHATRONICS
8	1	MINI BOTÓN 6x6mm		VARIOS	ELECTROMANIA
7	1	MINI INTERRUPTOR 10x15mm		VARIOS	ELECTROMANIA
6	1	CARGADOR DE BATERÍA Y ELEVADOR DE VOLTAJE J5019		VARIOS	NAYLAMP MECHATRONICS
5	1	MICROCONTROLADOR ESP32		VARIOS	ELECTROMANIA
4	1	BATERÍA DE LITIO 3.7V 2000mAh		VARIOS	HIFI SAC.
3	1	TARJETA ELECTRÓNICA PROXIMIDAD		VARIOS	VER EP_P001_A3
2	1	CARCASA SUPERIOR CONSOLA PROXIMIDAD		PLÁSTICO PETG	VER MP_P002_A4
1	1	CARCASA INFERIOR CONSOLA PROXIMIDAD		PLÁSTICO PETG	VER MP_P001_A3

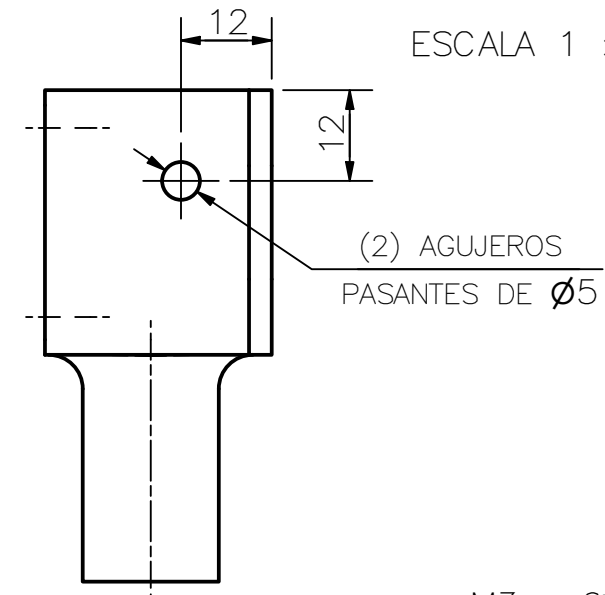
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINESICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA
	CONSOLA PROXIMIDAD	1:2
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MP_E001_A2

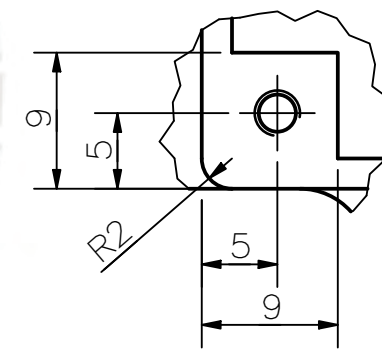
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



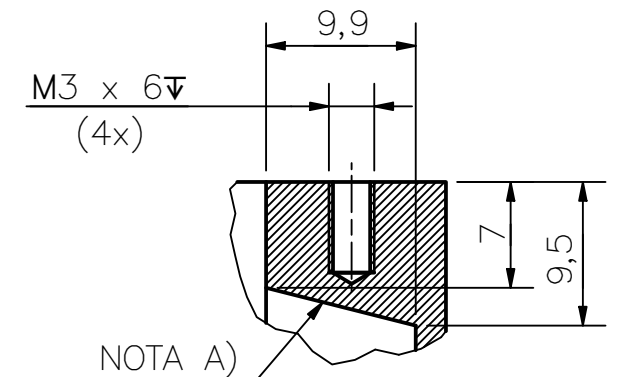
ESCALA 1 : 2



(2) AGUJEROS PASANTES DE $\phi 5$



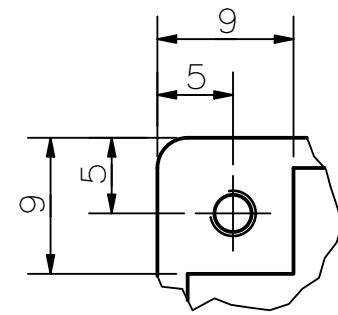
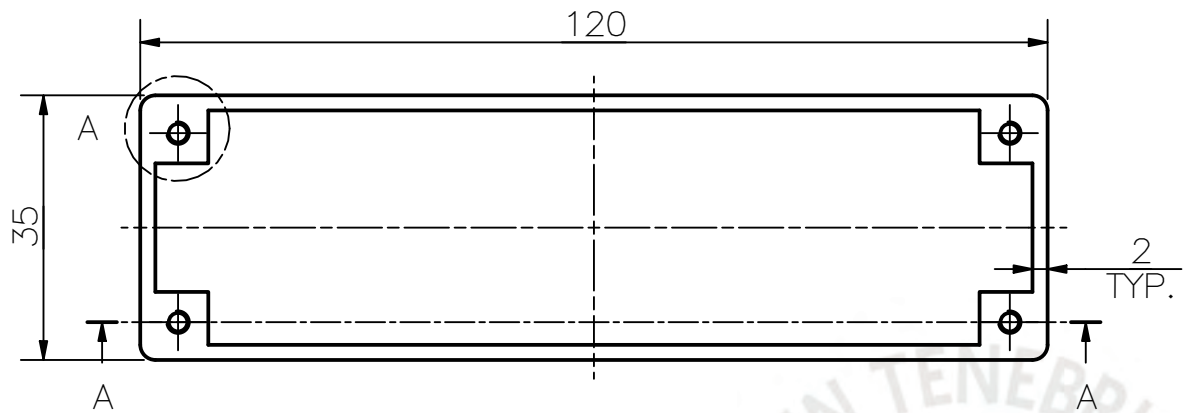
DETALLE A
ESCALA 2 : 1



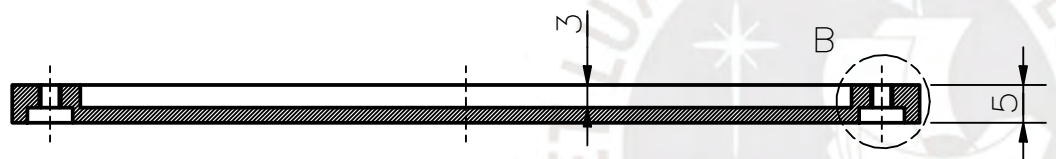
NOTA A)
DETALLE B
ESCALA 2 : 1

A) CHANFLÁN HACIA LA ESQUINA. DIMENSIONES INDICADAS.

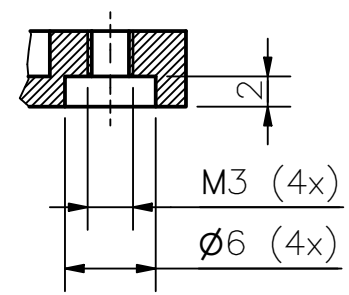
ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DEPOSICIÓN FUNDIDA -0.1 mm	MATERIAL PLÁSTICO PETG
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR CARCASA INFERIOR SENSOR PROXIMIDAD	ESCALA 1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MP_P003_A3



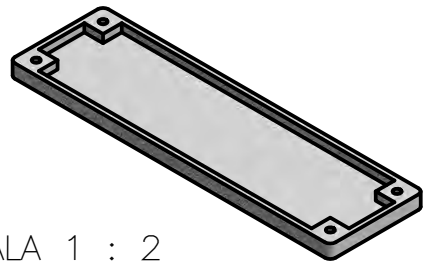
DETALLE A
ESCALA 2 : 1



SECCIÓN A-A

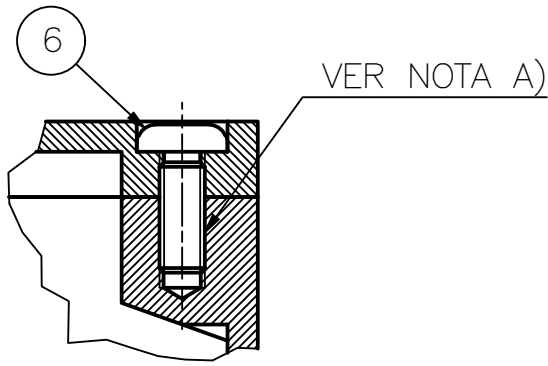


DETALLE B
ESCALA 2 : 1

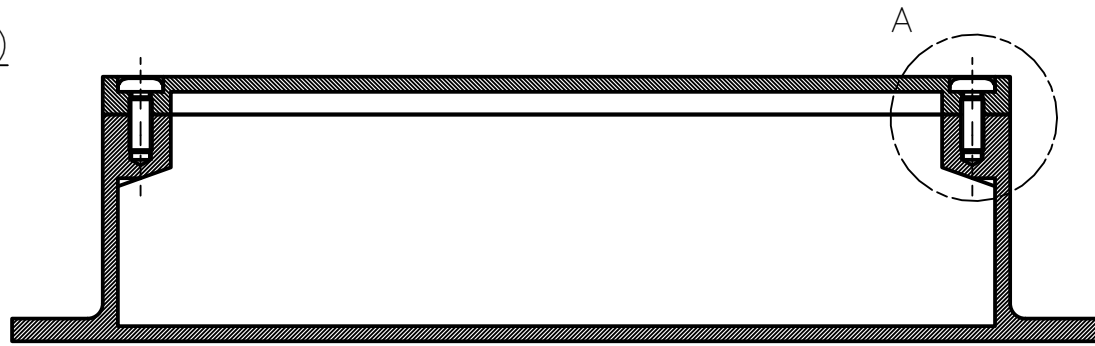


ESCALA 1 : 2

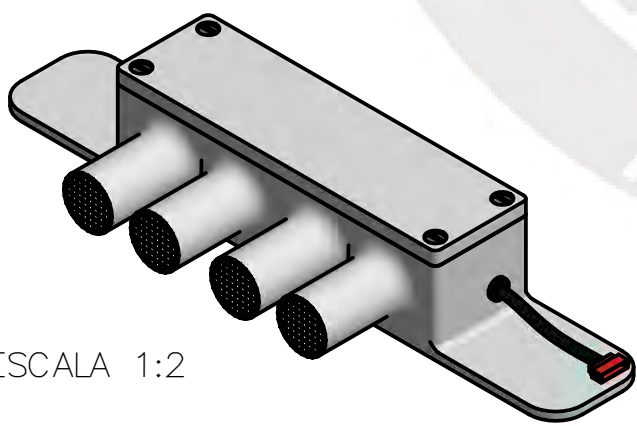
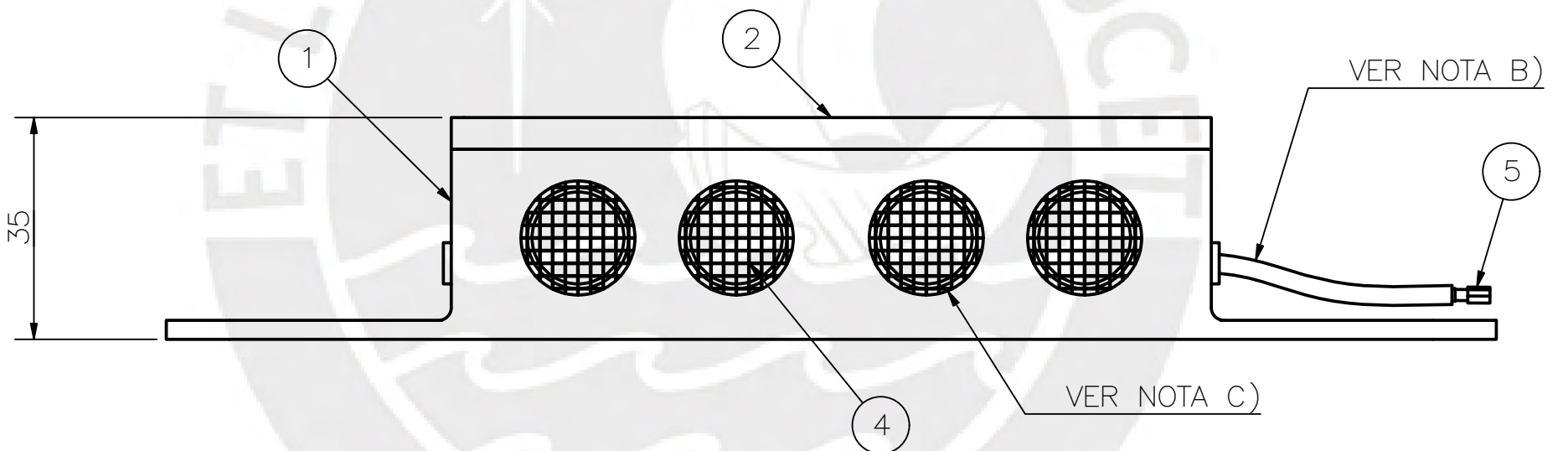
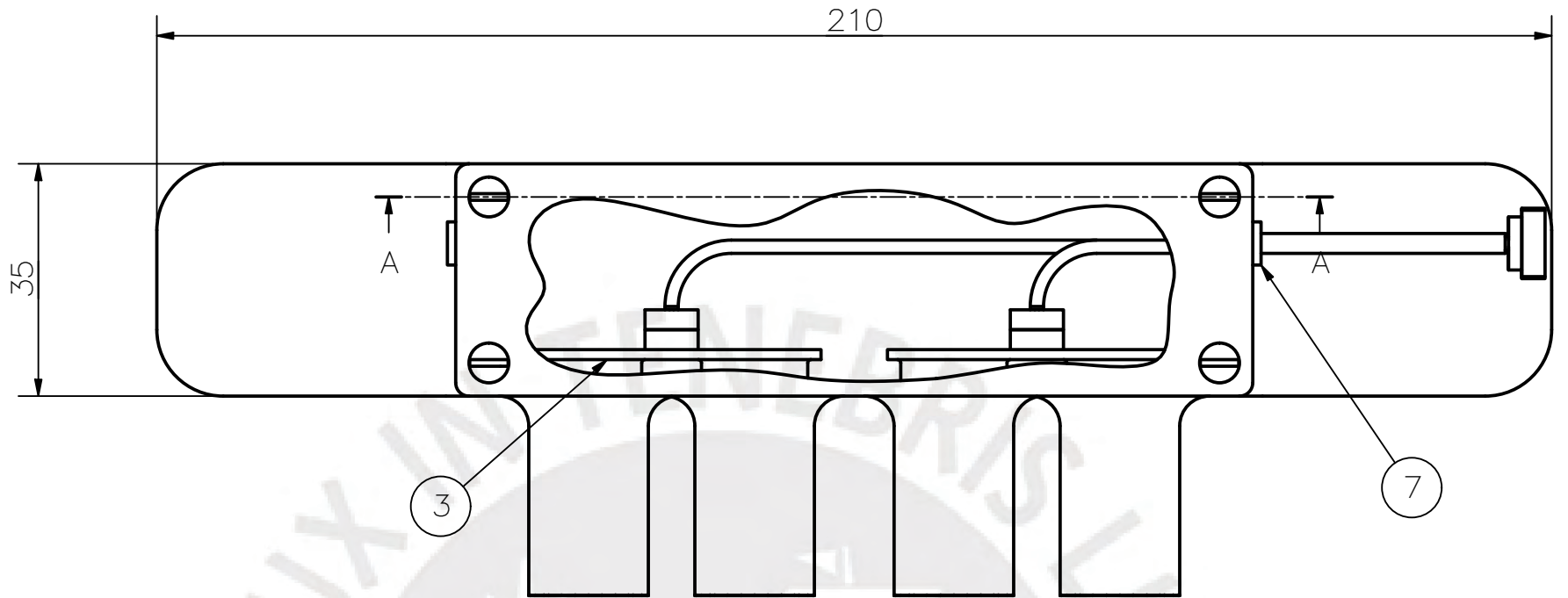
ACABADO SUPERFICIAL N9/∇	TOLERANCIA GENERAL DEPOSICIÓN FUNDIDA -0.1 mm	MATERIAL PLÁSTICO PETG
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR CARCASA SUPERIOR SENSOR PROXIMIDAD	ESCALA 1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MP_P004_A4



DETALLE A
ESCALA 2 : 1



CORTE A-A



ESCALA 1:2

A) SE RECOMIENDA REALIZAR LA ROSCA EN EL ENSAMBLE Y NO EN CADA PIEZA (VER MP_P003_A3 y MP_P004_A4) PARA ASEGURAR CONTINUIDAD.

B) LA LONGITUD DE LOS CABLES NO ESTÁ A ESCALA. SOLO ES REFERENCIAL.

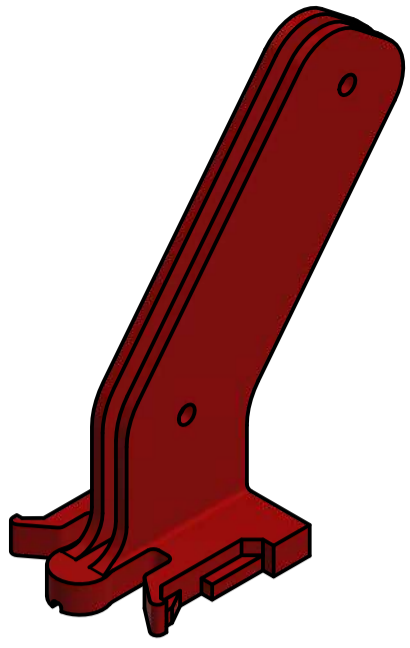
C) ADHERIR CON PEGAMENTO INSTANTÁNEO LA MALLA A LA CARCASA. SE RECOMIENDA UTILIZAR PEGAMENTO "TRIZ".

LISTA DE PARTES

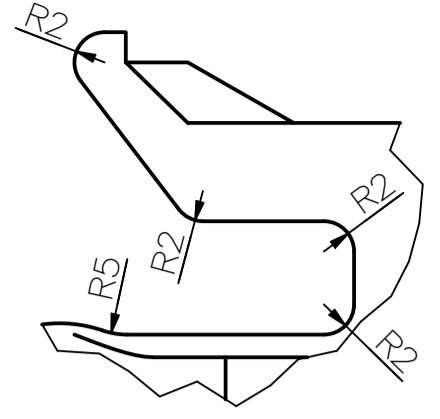
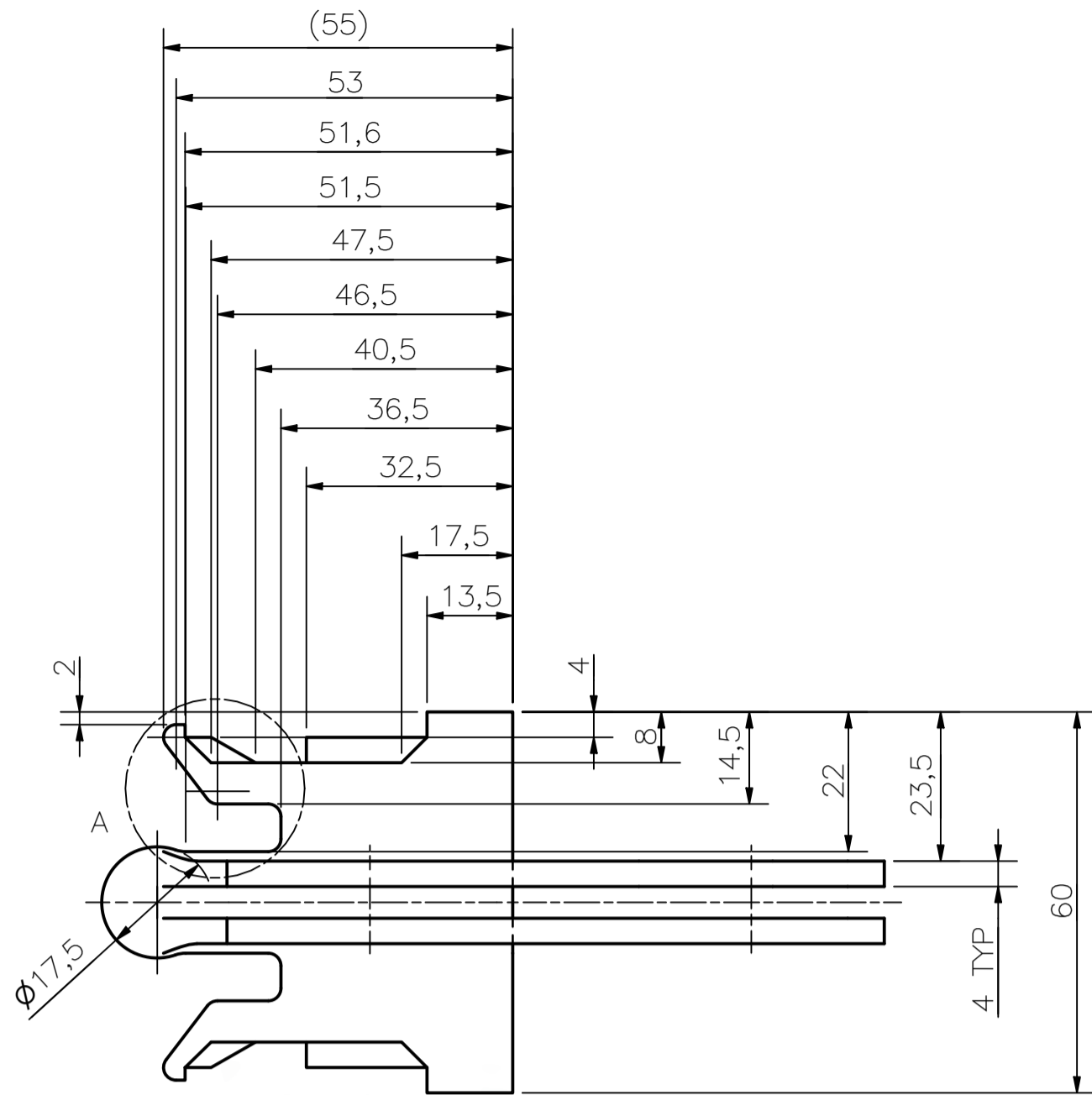
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
7	2	TAPONES		TPU 85A	PLÁSTICO FLEXIBLE
6	4	PERNO M3 x 8	AS 1427	AISI 304	
5	1	CABLES Y CONECTOR JST		VARIOS	8 PINES HEMBRA
4	4	MALLA FINA		ALUMINIO	
3	2	HC-SR04		VARIOS	NAYLAMP MECHATRONICS
2	1	CARCASA SUPERIOR SENSOR PROXIMIDAD		PLÁSTICO PETG	VER MP_P004_A4
1	1	CARCASA INFERIOR SENSOR PROXIMIDAD		PLÁSTICO PETG	VER MP_P003_A3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

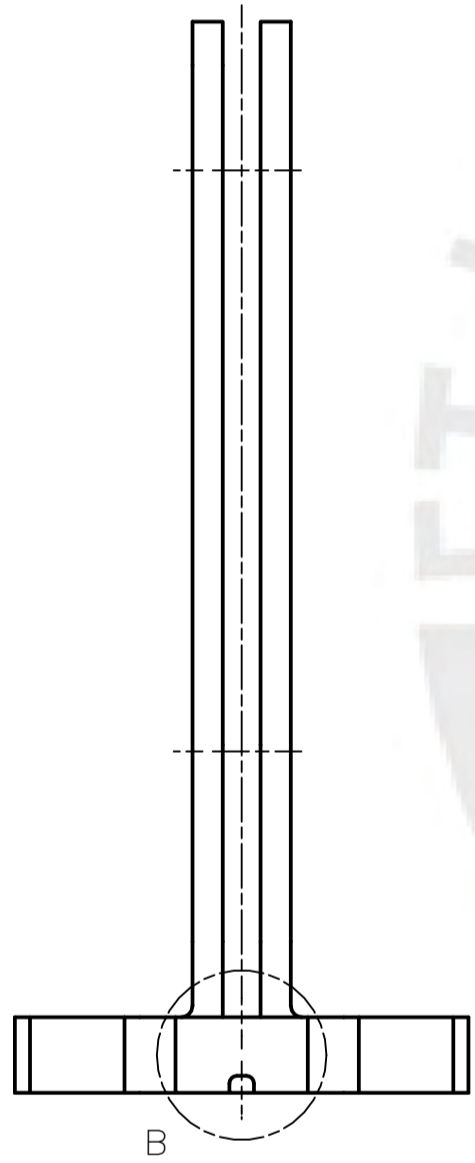
MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA
	ENSAMBLE SENSOR PROXIMIDAD	1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MP_E002_A3



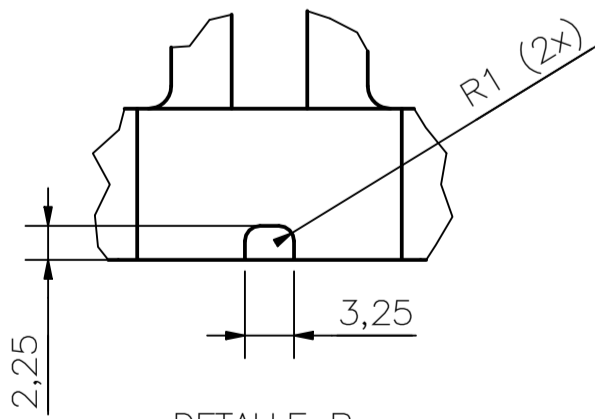
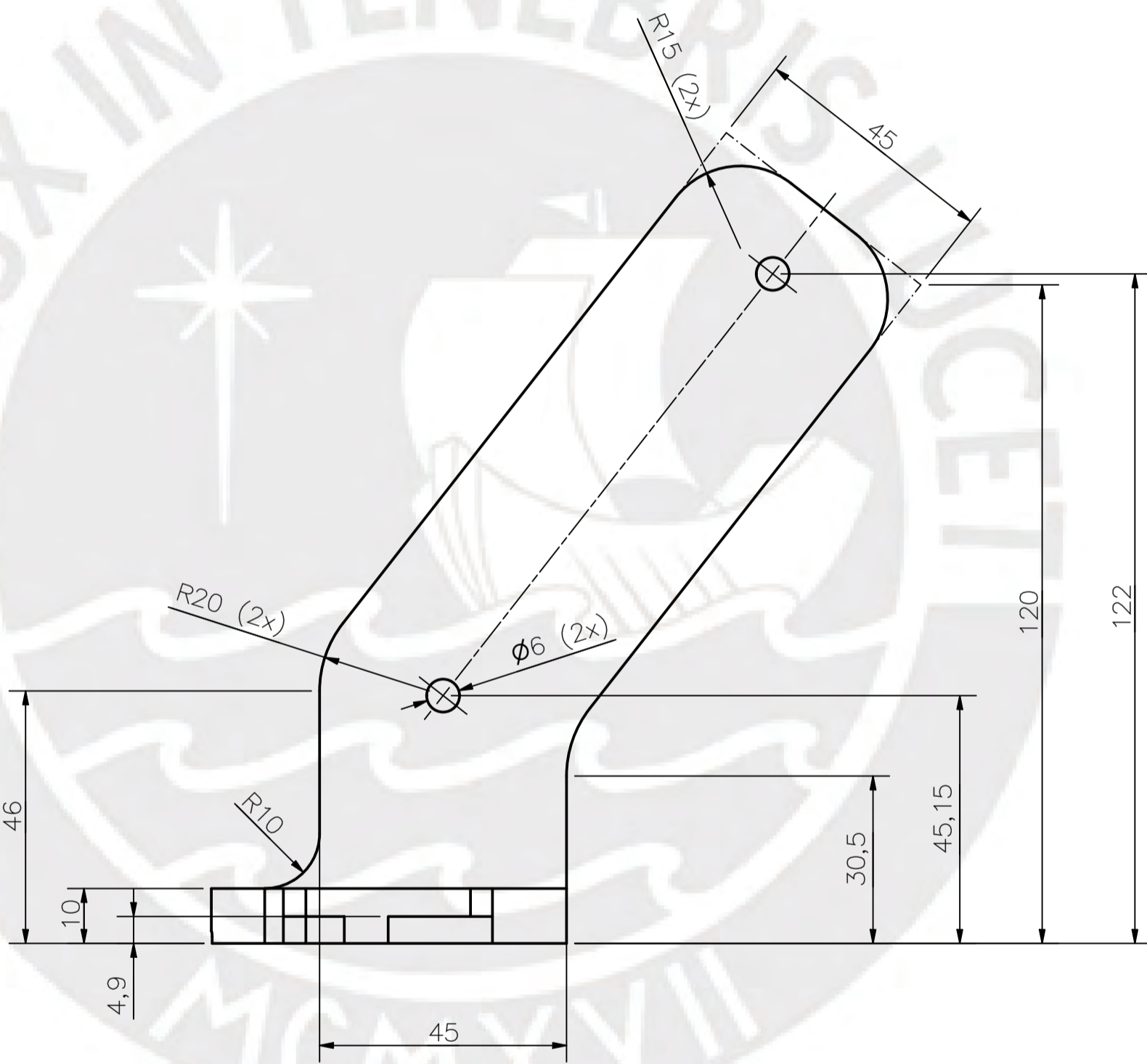
ESCALA 1 : 2



DETALLE A
ESCALA 2 : 1



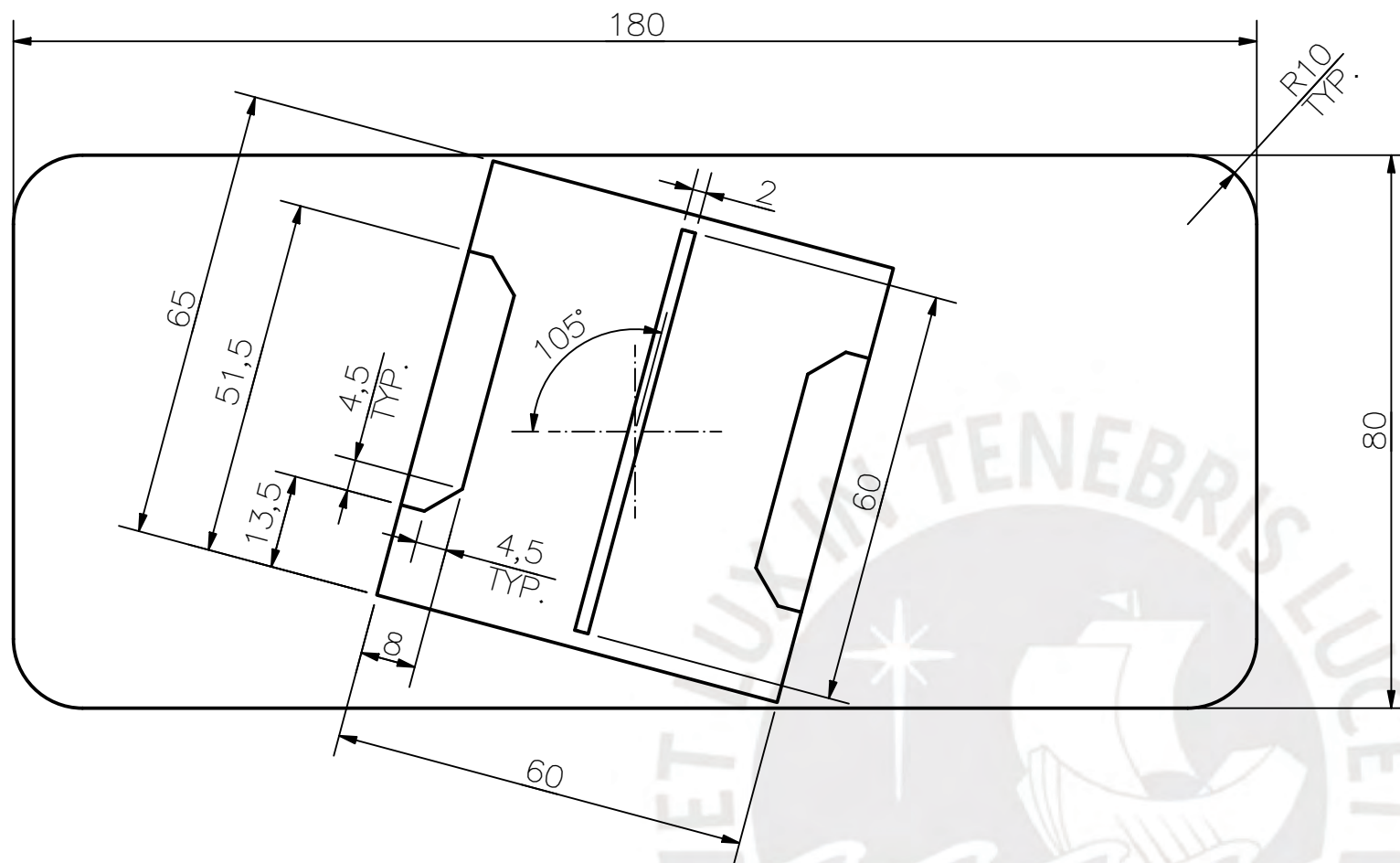
B



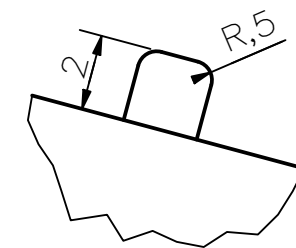
DETALLE B
ESCALA 2 : 1



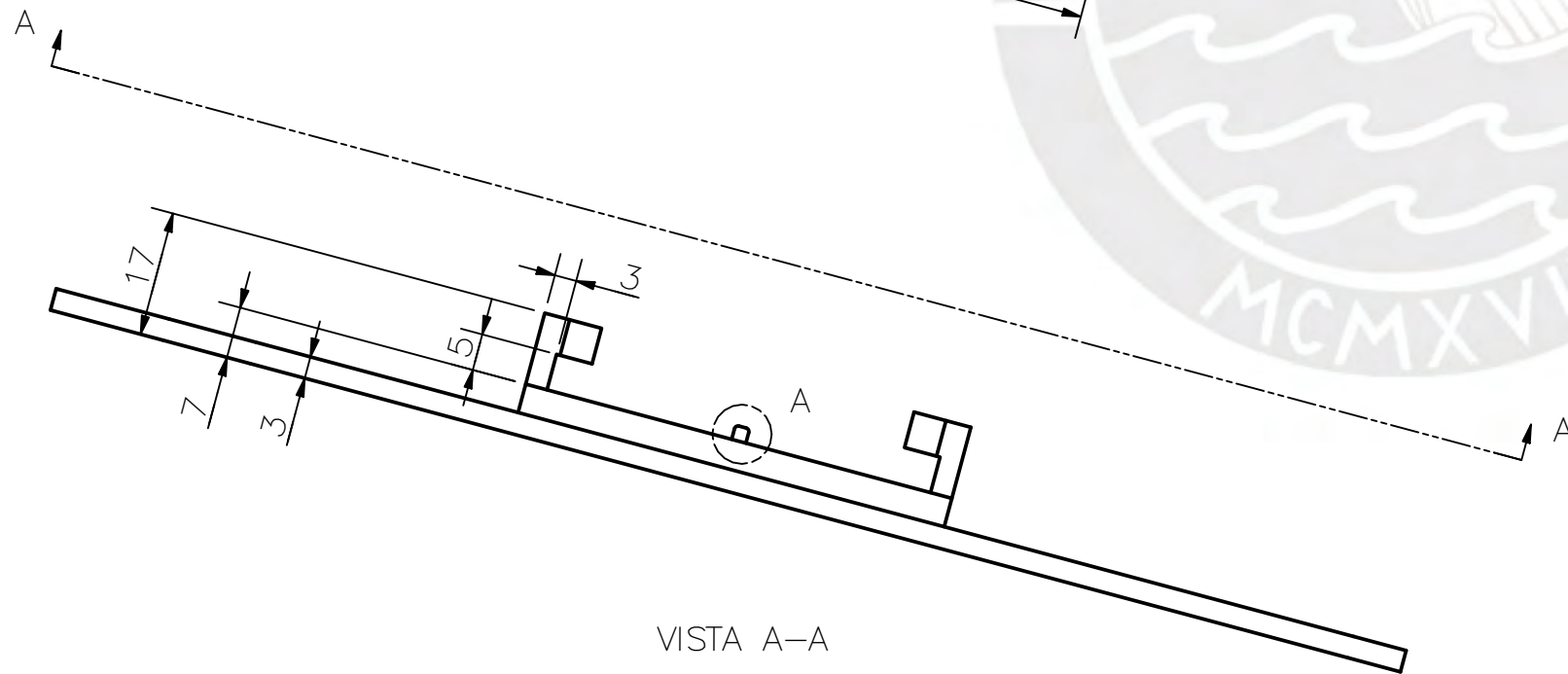
ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DEPOSICIÓN FUNDIDA -0.1 mm	MATERIAL PLÁSTICO PETG
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DESIGNO DE UN SIMULADOR DE CANOAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 02-SEP-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MC_P001_A2



ESCALA 1 : 2

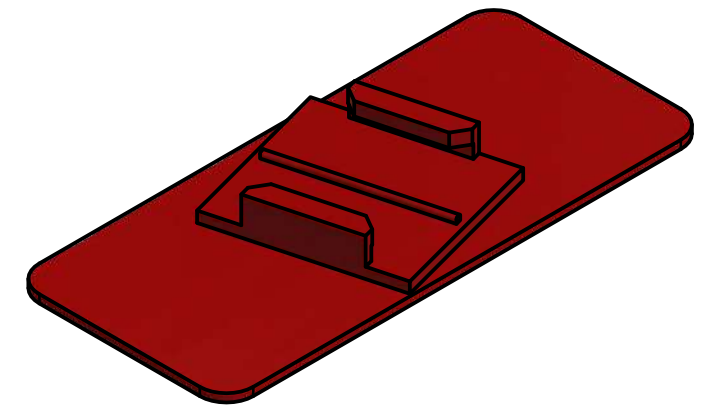
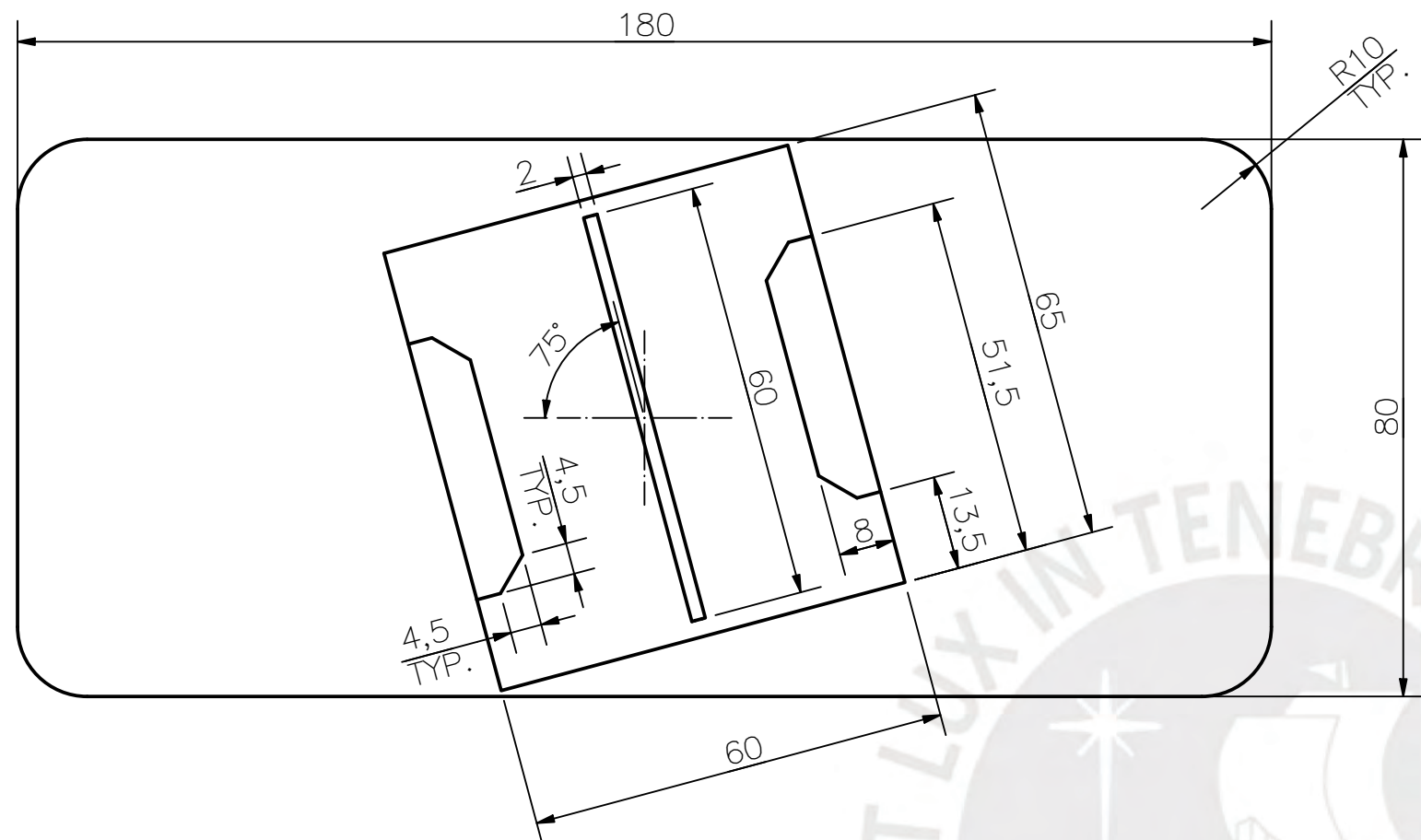


DETALLE A
ESCALA 5:1

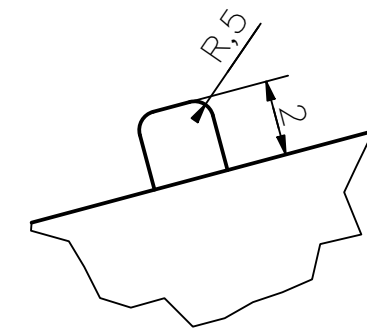


VISTA A-A

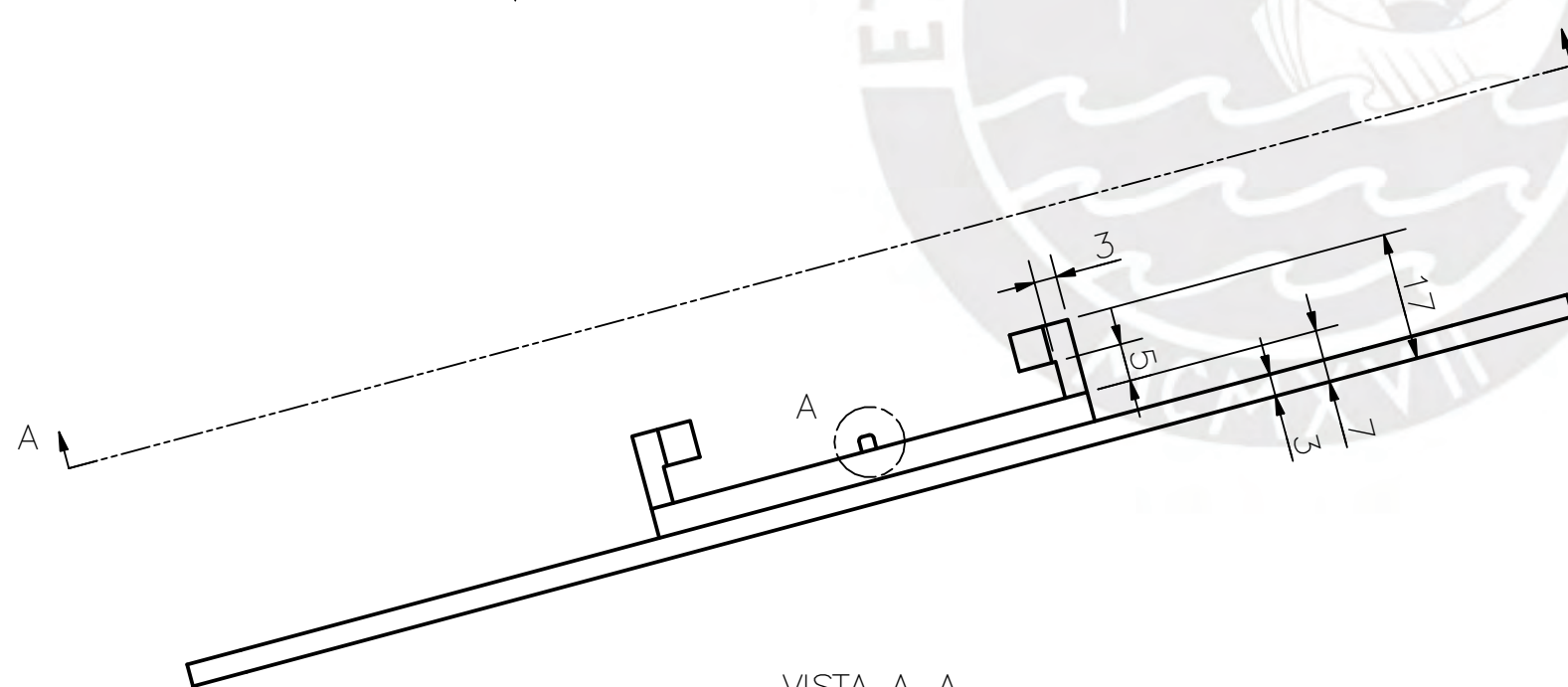
ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DEPOSICIÓN FUNDIDA -0.1 mm	MATERIAL PLÁSTICO PETG
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR BASE IZQUIERDA	ESCALA 1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 02-SEP-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MC_P002_A3



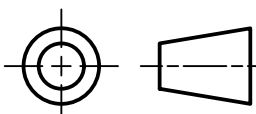
ESCALA 1 : 2

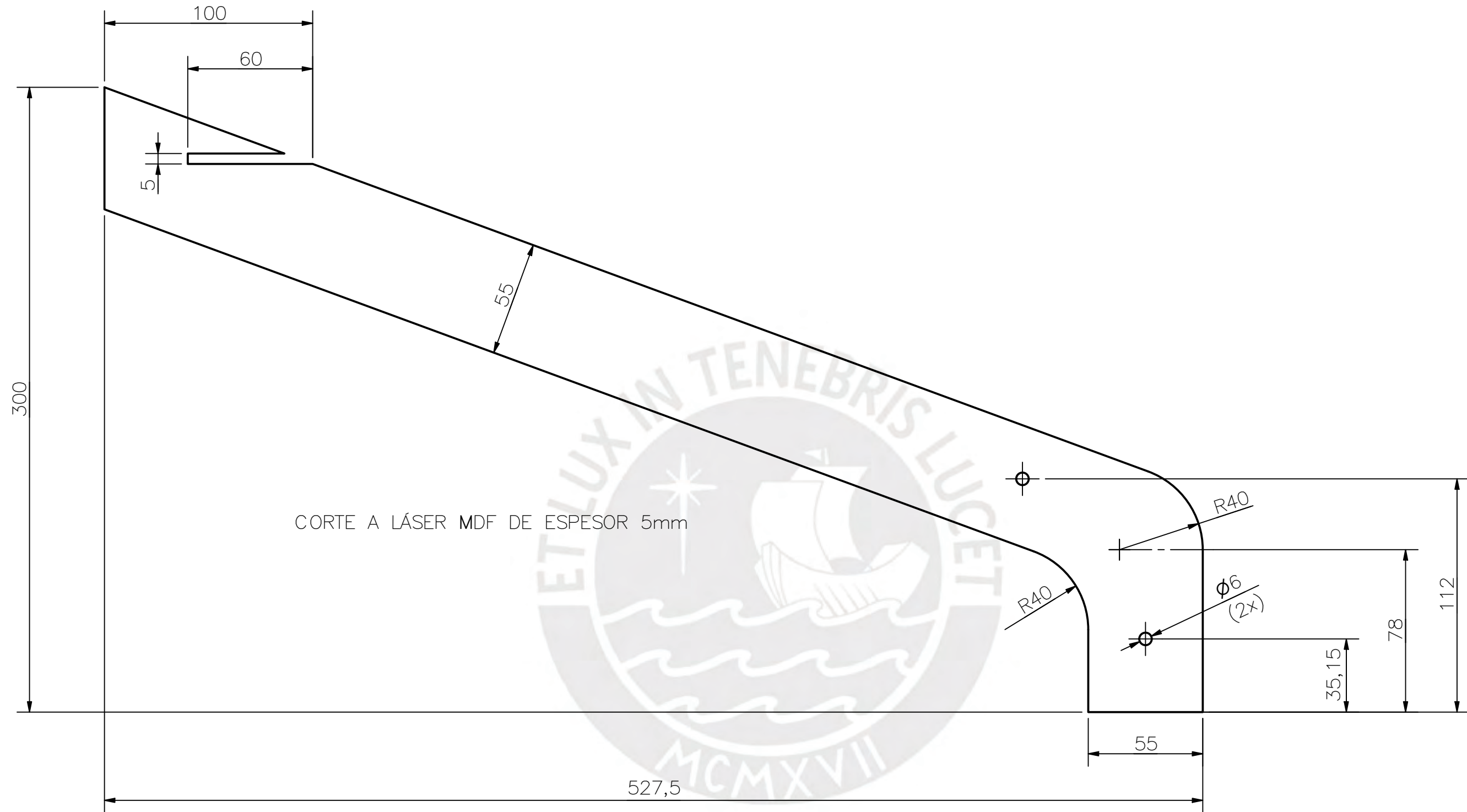


DETALLE A
ESCALA 5:1



VISTA A-A

ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DEPOSICIÓN FUNDIDA -0.1 mm	MATERIAL PLÁSTICO PETG
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR BASE DERECHA	ESCALA 1:1
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 02-SEP-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MC_P003_A3



CORTE A LÁSER MDF DE ESPESOR 5mm

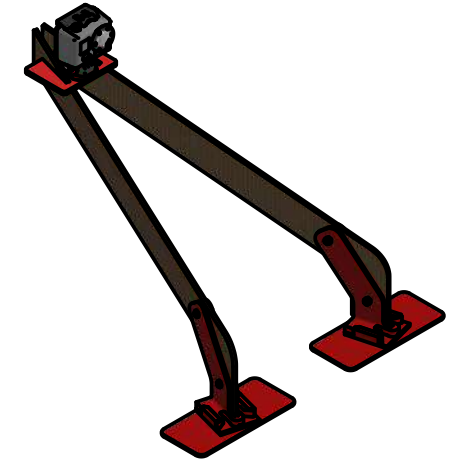
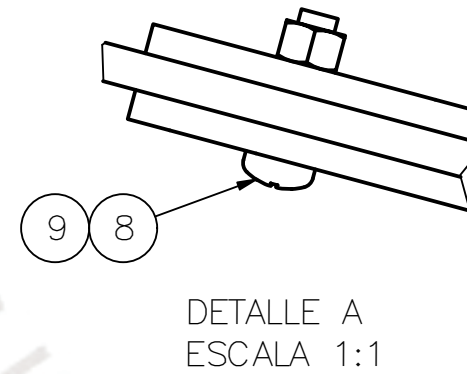
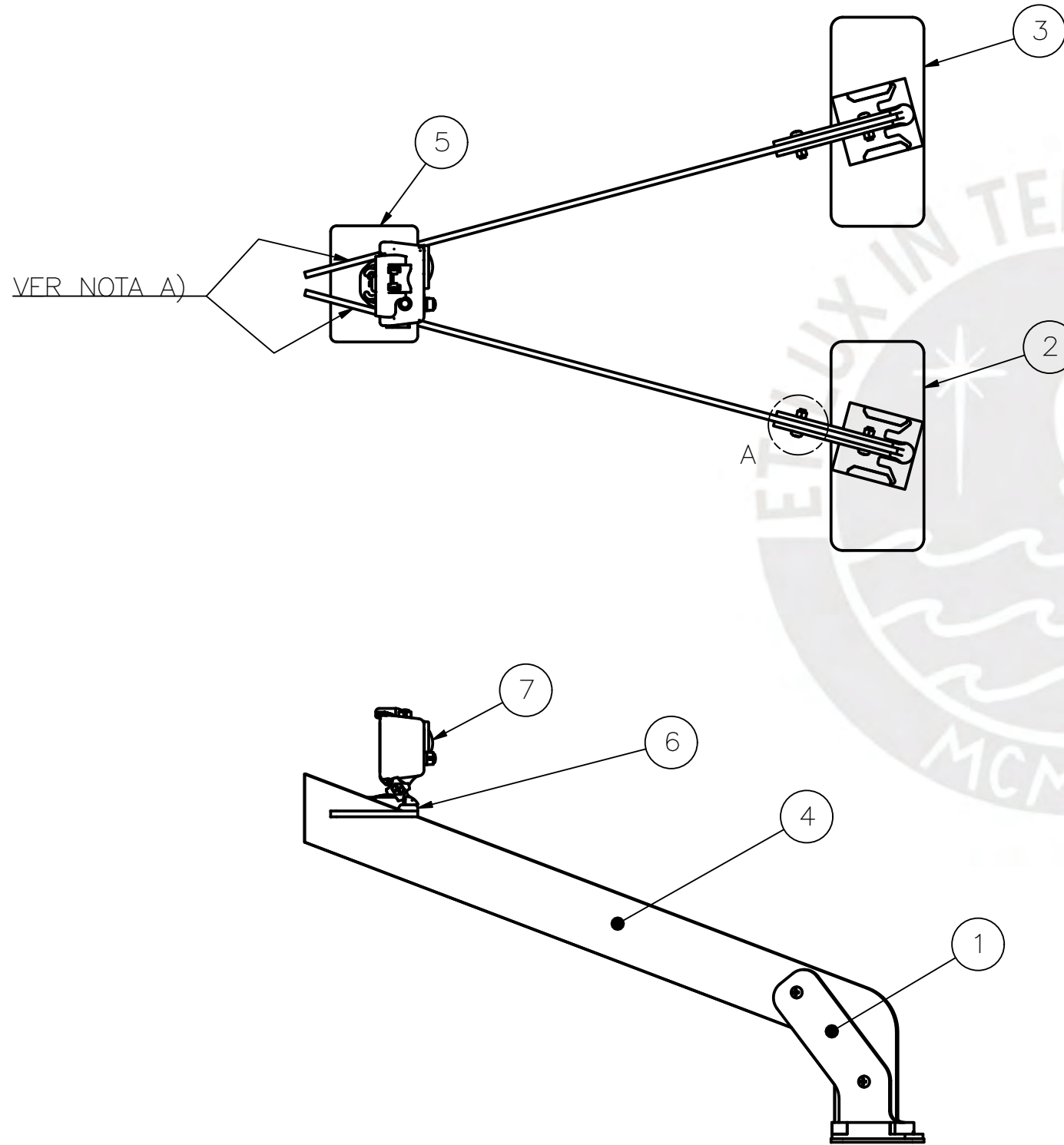
TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN ISO 9013 (CLASE 2)								
DIMENSIÓN NOMINAL	Menor a 3	Desde 3 hasta menor a 10	Desde 10 hasta menor a 35	Desde 35 hasta menor a 125	Desde 125 hasta menor a 315	Desde 315 hasta menor a 1000	Desde 1000 hasta menor a 2000	Desde 2000 hasta menor a 4000
TOL. PARA ESPESOR DE 3,15 A 6,3	±0,5	±0,7	±0,8	±0,9	±1,1	±1,2	±1,3	±1,3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

ACABADO SUPERFICIAL N12	TOLERANCIA GENERAL ISO 9013 – CLASE 2 ESPESOR DE 3,15 A 6,3	MATERIAL MDF
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA 1:2
	PIEZA LATERAL	
20145345	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 02-DIC-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MC_P004_A3

A) ADHERIR LA BASE A LAS DIAGONALES DE MDF CON PEGAMENTO TRIZ.

B) ADHERIR EL SOPORTE DE LA CÁMARA GOPRO EN LA CARA SEGÚN SE INDICA.

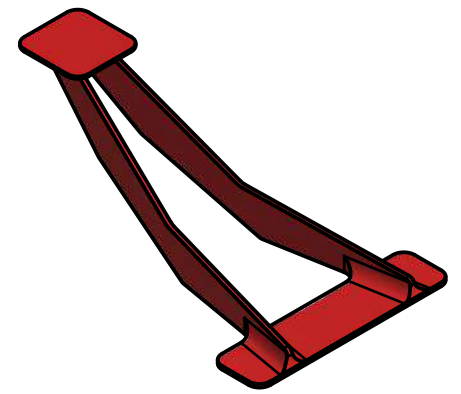
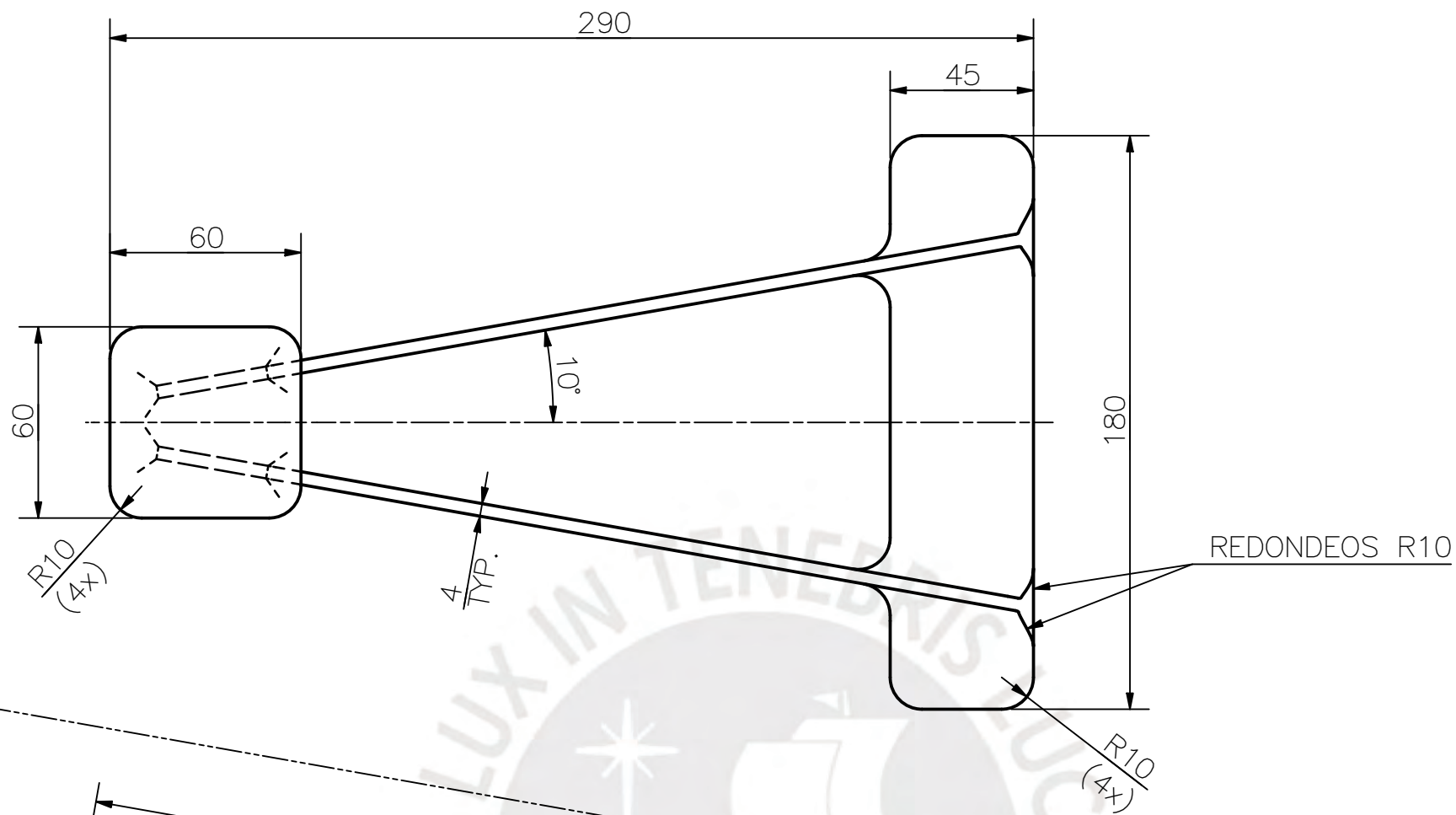


ESCALA 1:10

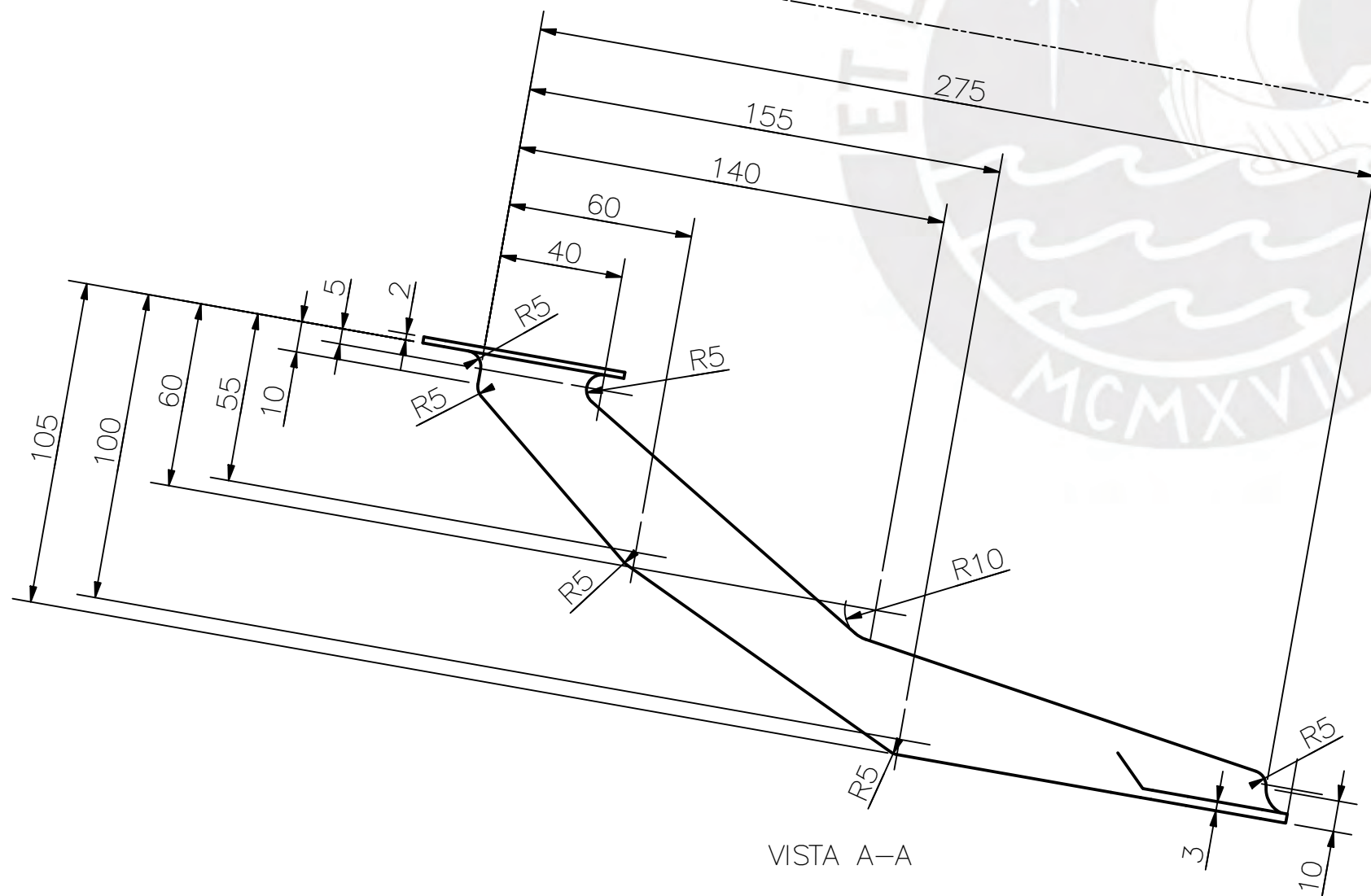
LISTA DE PARTES					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
9	4	TUERCA M5x0.8	ANSI B18.2.4.2M	AI SI 304	
8	4	PERNO CABEZA REDONDA M5x0.8	ANSI B18.6.7M	AI SI 304	
7	1	CÁMARA GOPRO			GOPRO HERO SILVER 7 Y ACCESORIOS
6	1	SOPORTE GOPRO			
5	1	BASE 100x75x5		PLÁSTICO PETG	
4	2	DIAGONAL		MDF	MC_P004_A3
3	1	BASE DERECHA		PLÁSTICO PETG	MC_P003_A3
2	1	BASE IZQUIERDA		PLÁSTICO PETG	MC_P002_A3
1	2	SOPORTE CÁMARA 1		PLÁSTICO PETG	MC_P001_A2

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR	ESCALA
	SOPORTE CÁMARA LATERAL	1:5
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 02-DIC-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MC_E001_A3



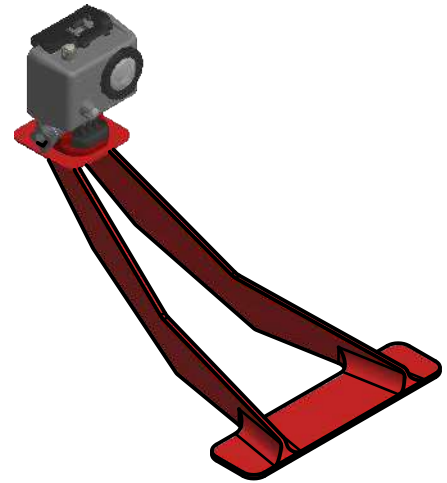
ESCALA 1:5



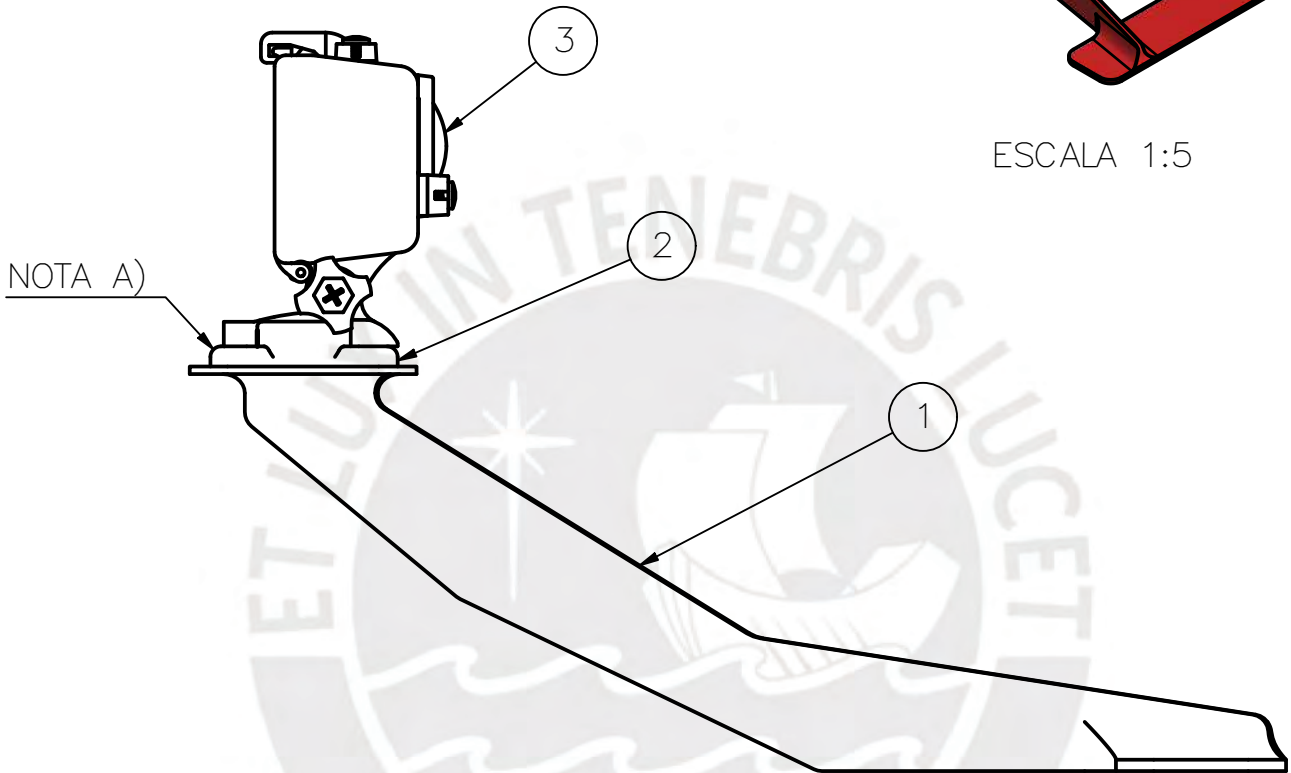
VISTA A-A

ACABADO SUPERFICIAL N09	TOLERANCIA GENERAL DEPOSICIÓN FUNDIDA -0.1 mm	MATERIAL PLÁSTICO PETG
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR SOPORTE CÁMARA 2	ESCALA 1:2
REALIZADO POR:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.	FECHA: 18-AGO-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR A.	LÁMINA: MC_P005_A3

A) ADHERIR EL SOPORTE DE LA CÁMARA GOPRO EN EL CENTRO DE LA CARA INDICADA.



ESCALA 1:5

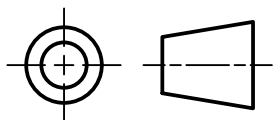


LISTA DE PARTES

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
3	1	CÁMARA GOPRO			GOPRO HERO SILVER 7 Y ACCESORIOS
2	1	SOPORTE GOPRO			
1	1	SOPORTE CÁMARA 2		PLÁSTICO PETG	MC_P005_A3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR

SOPORTE CÁMARA FRONTAL

ESCALA

1:2

REALIZADO POR:

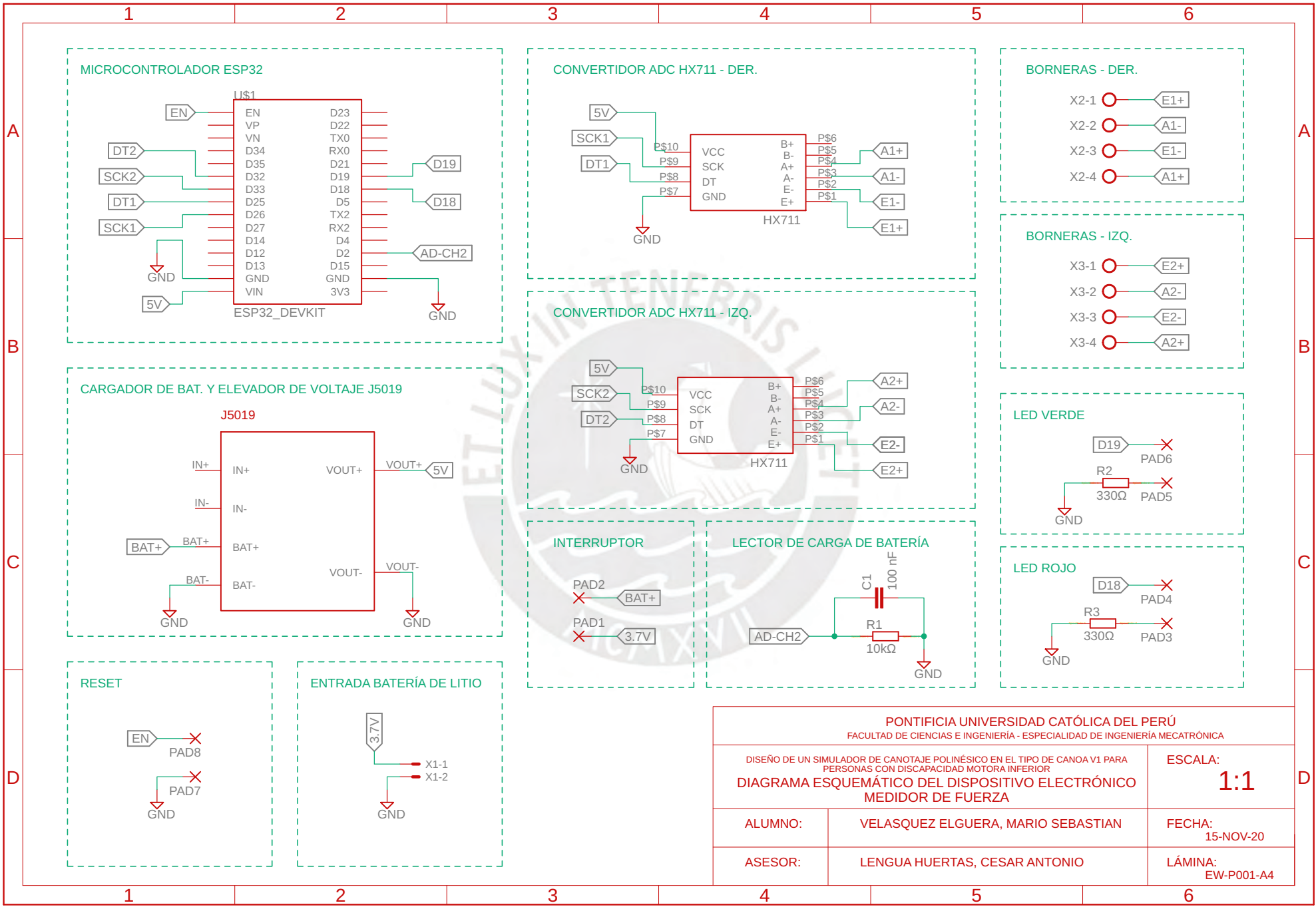
VELASQUEZ ELGUERA, MARIO S.

FECHA:
02-DIC-20

ASESOR:

LENGUA HUERTAS, CESAR A.

LÁMINA:
MC_E002_A4



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		
DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CANOTAJE POLINÉSICO EN EL TIPO DE CANOA V1 PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA INFERIOR DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO MEDIDOR DE FUERZA		ESCALA: 1:1
ALUMNO:	VELASQUEZ ELGUERA, MARIO SEBASTIAN	FECHA: 15-NOV-20
ASESOR:	LENGUA HUERTAS, CESAR ANTONIO	LÁMINA: EW-P001-A4

