

- [Sears, 2020] Sears, B. (2020). This Is How Your Physical Therapist Measures Joint Range of Motion. Verywell Health.
<https://www.verywellhealth.com/what-is-a-goniometer-2696128#:~:text=A%20goniometer%20is%20a%20device,at%20the%20joint%20of%20interest>.
- [Shiratsu, 2013] Shiratsu A., Coury H.J.C.G., “Reliability and accuracy of different sensors of a flexible electrogoniometer”, Brazil, ELSEVIER, 2013.
- [Taboadela, 2007] Taboadela, C. H. (2007). Goniometría: Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales [Libro electrónico].
<http://www.medisoftware.com.ve/Download/Normas/libro-goniometria.pdf>
- [Wilk, 2012] Wilk, K., Macrina, L., Cain, E., Dugas, J. R., & Andrews, J. R. (2012). Rehabilitation of the Overhead Athlete’s Elbow.
<https://doi.org/10.1177/1941738112455006>
- [Zhong, 2018] Y. Zhong and Y. Xu, "A calibration method of UAV accelerometer based on levenberg-marquardt iteration algorithm," *2018 Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, 2018, pp. 5634-5638, doi: 10.1109/CCDC.2018.8408114.

ANEXO A: Matrices morfológicas

Tabla A.1. Alternativas de solución del dominio mecánico














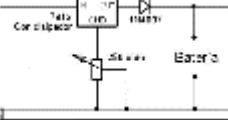








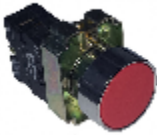


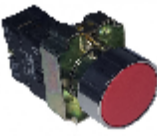

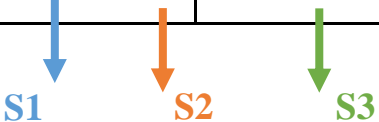
Funciones parciales	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Proteger componentes	Caja de plástico 	Caja de acero inoxidable 	
Posicionar dispositivo	Manos del especialista en salud 		
Alinear dispositivo	Manos del especialista en salud 		
Ajustar dispositivo al paciente	Correas con velcro 	Correas de ajuste 	Bridas de plástico 
Rotar antebrazo en flexión y extensión	Antebrazo del paciente 		
Rotar antebrazo en pronación y supinación	Antebrazo del paciente 		
Desajustar dispositivo	Manos del especialista en salud 		
Retirar dispositivo	Manos del especialista en salud 		
	S1	S2	S3

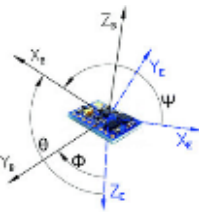

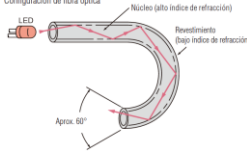
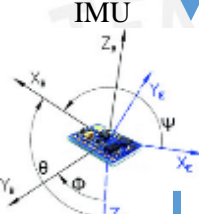


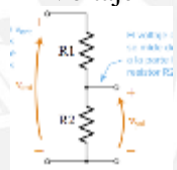




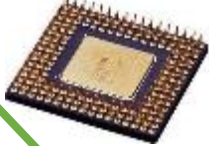




Tabla A.2. Alternativas de solución del dominio eléctrico – electrónico

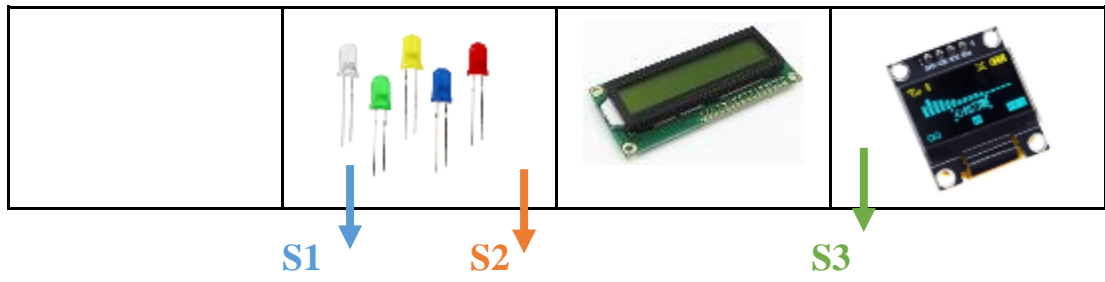
Funciones parciales	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Conectar baterías 	Manos del especialista en salud 		
Cargar baterías	Circuito de recarga 	Módulo para cargar baterías 	Cargador de enchufe 
Suministrar energía	Batería de iones de litio 	Batería de polímero de litio 	Batería de hidruro de níquel-metal 
Acondicionar energía	Regulador de voltaje lineal 	Regulador de voltaje conmutado 	
Encender/apagar dispositivo	Interruptor 	Pulsador 	Perilla 
Cambiar tipo de medición	Interruptor 	Pulsador 	Perilla 



S1 S2 S3

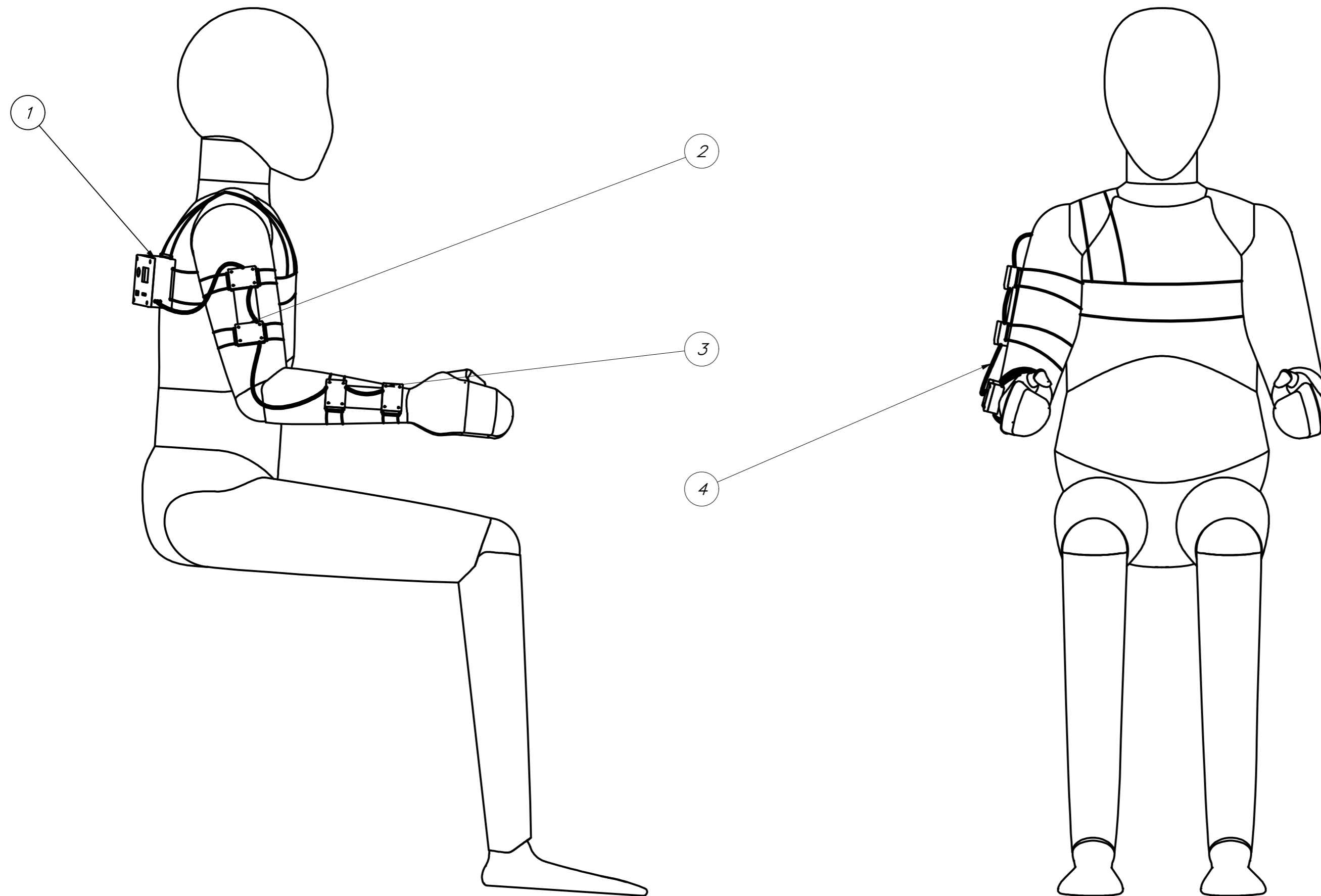
Tabla A.3. Alternativas de solución del dominio control

Funciones parciales	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Medir ángulos de flexión y extensión del codo	IMU 	Potenciómetro + barras rectas rígidas 	Sensor de fibra óptica 
Medir ángulos de pronación y supinación codo	IMU 	Inclinómetro 	
Medir voltaje de la batería	Sensor de voltaje 	Circuito Divisor de Voltaje 	
Enviar información	Bluetooth 	Wi-fi 	Zigbee 
Procesar señal, cambiar nivel de batería, detectar dispositivo móvil, emparejar dispositivo móvil	Microcontrolador 	Microprocesador 	FPGA 
Mostrar valores medidos	Pantalla LCD 	Pantalla OLED 	Pantalla color TFT 
Mostrar estado de la batería	Leds 	Pantalla LCD 	Pantalla OLED



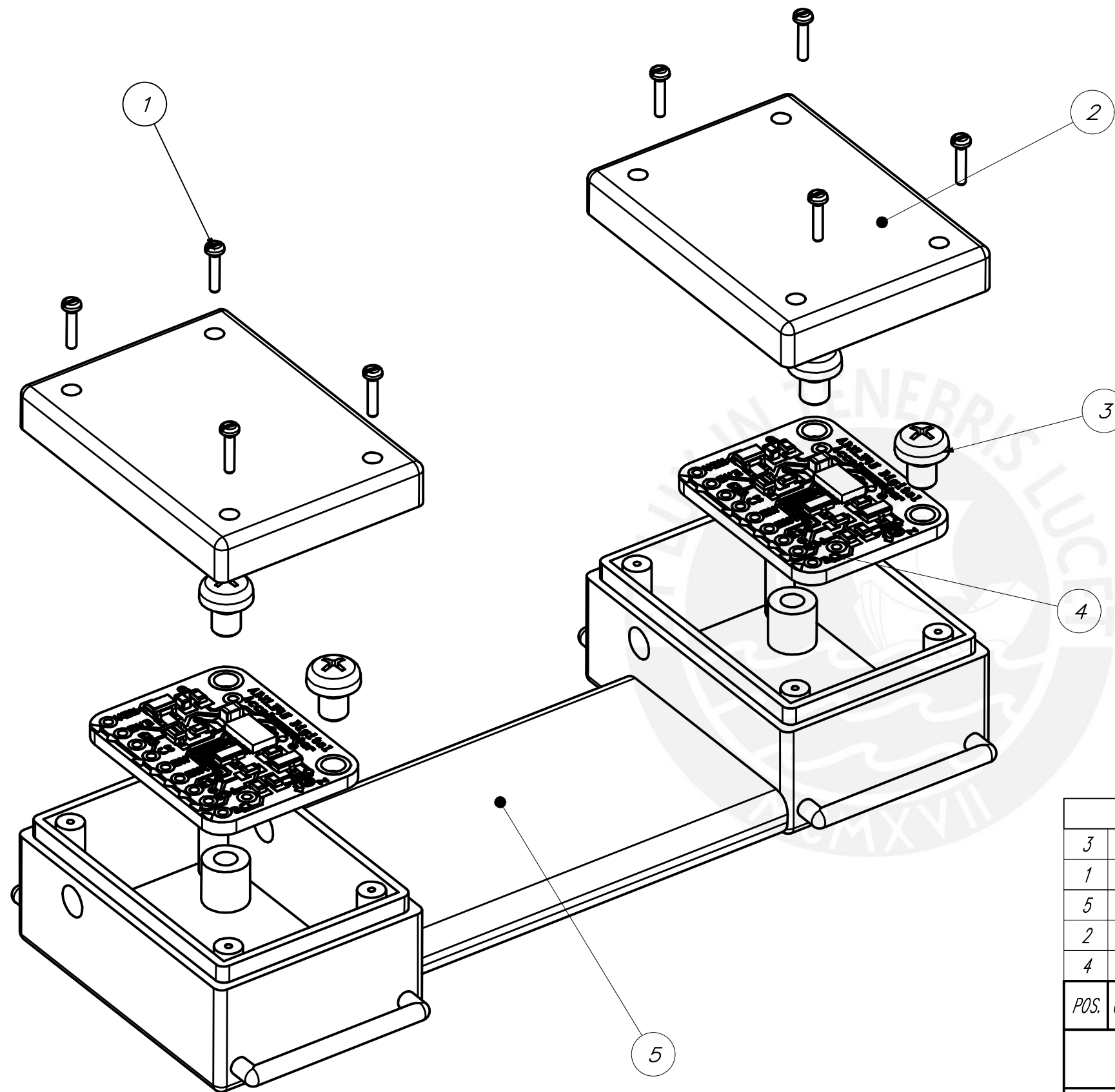
ANEXO B: Planos





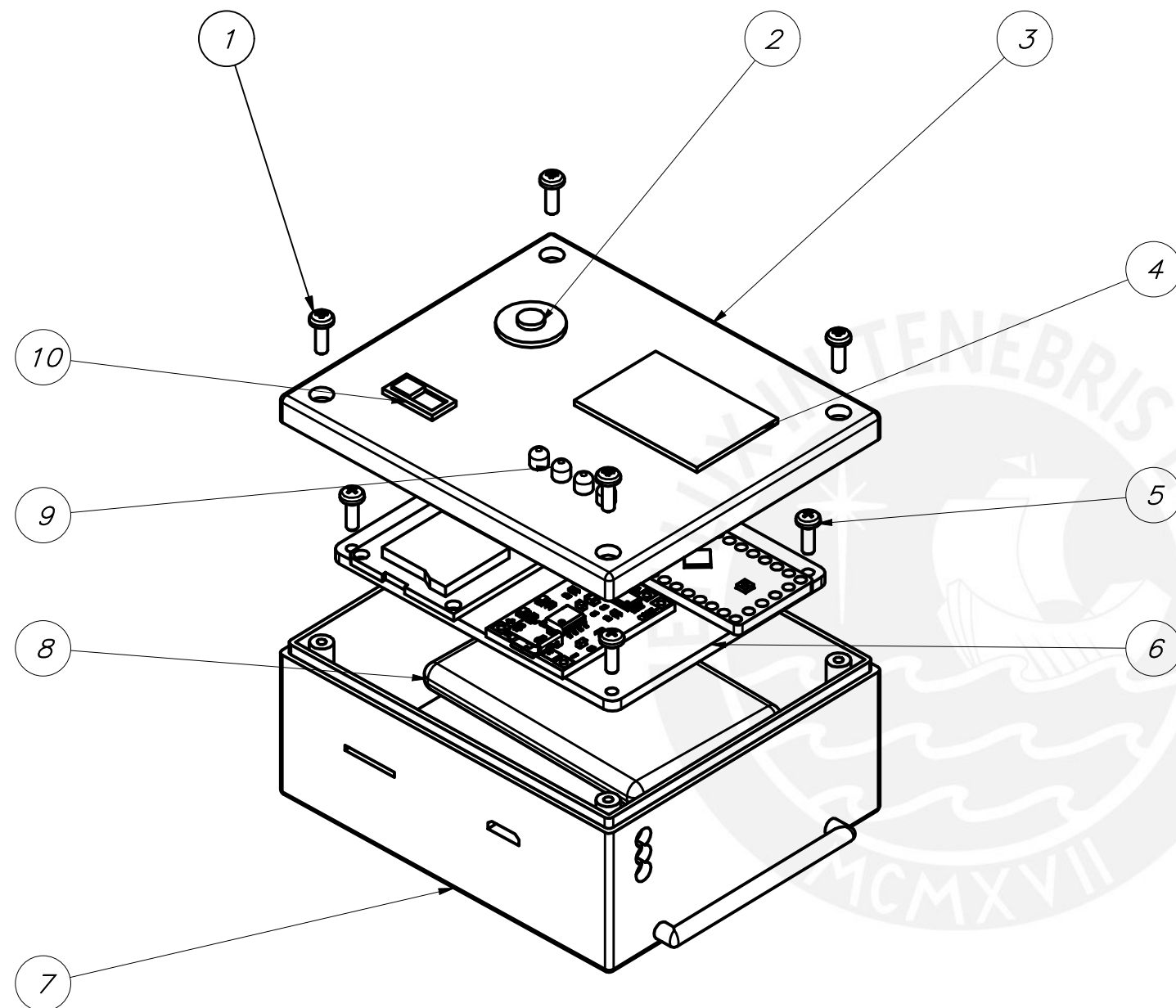
EL MÓDULO DE CONTROL Y LOS MÓDULOS DE MEDICIÓN DEL BRAZO Y ANTEBRAZO ESTÁN SUJETOS AL CUERPO A TRAVÉS DE CORREAS DE VELCRO

PARTS LIST					
4	1	Cables recubiertos			
3	1	Módulo de medición del brazo		PE-A3-01	
2	1	Módulo de medición del antebrazo		PE-A3-01	
1	1	Módulo de control		PE-A3-02	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN		DISEÑO DE UN ELECTROGONIÓMETRO PARA MEDIR LOS ÁNGULOS DE FLEXO-EXTENSIÓN Y PRONO-SUPINACIÓN DEL CODO		ESCALA	
		ESQUEMA DEL SISTEMA COMPLETO		1:5	
				FECHA: 2021.11.03	
20161428		FELIX RUIZ, JAVIER ANTONIO		PLANO: PE-A2-00	



EL MÓDULO DE MEDICIÓN ES IDÉNTICO PARA EL BRAZO Y ANTEBRAZO

PARTS LIST					
3	4	Tornillo M3 x 4 - 4.8 - H	ISO 7045	Acero	
1	8	Tornillo- M1 x 5	JIS B 1101	Acero, suave	
5	1	Base módulo de medición			PD-A0-04
2	2	Tapa modulo de medición			PD-A3-03
4	2	ADXL345 Digital Accelerometer			
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN		DISEÑO DE UN ELECTROGONIÓMETRO PARA MEDIR LOS ÁNGULOS DE FLEXO-EXTENSIÓN Y PRONO-SUPINACIÓN DEL CODO			ESCALA
		MÓDULO DE MEDICIÓN			5:1
20161428		FELIX RUIZ, JAVIER ANTONIO			FECHA: 2021.11.03
					PLANO: PE-A3-01

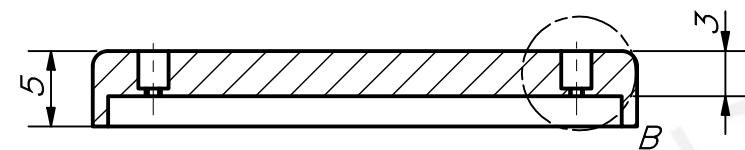


PARTS LIST					
10	1	Switch para cambio de medición			Grove - Switch
9	3	LED F3-3mm			
8	1	Batería			SLW 503450
7	1	Base módulo de control			PD-A2-06
6	1	Tarjeta de control			
5	4	Tornillo M2 x 6 - 4.8 - H	ISO 7045	Acero	
4	1	Pantalla			OLED SSD1306
3	1	Tapa módulo de control			PD-A3-05
2	1	Boton de encendido			AKTSC6 SERIES
1	4	Tornillo M2x0.4 x 6		Acero	

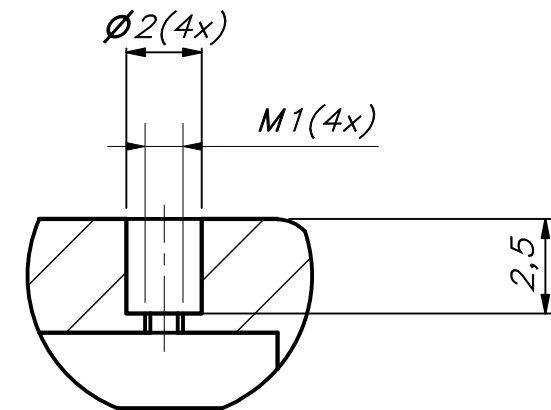
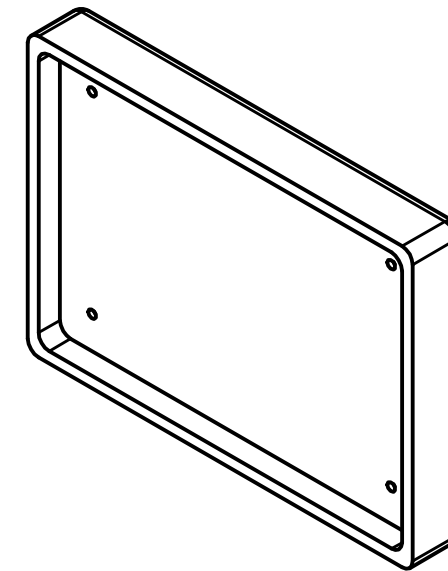
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
------	-------	-------------	-------	----------	---------------

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

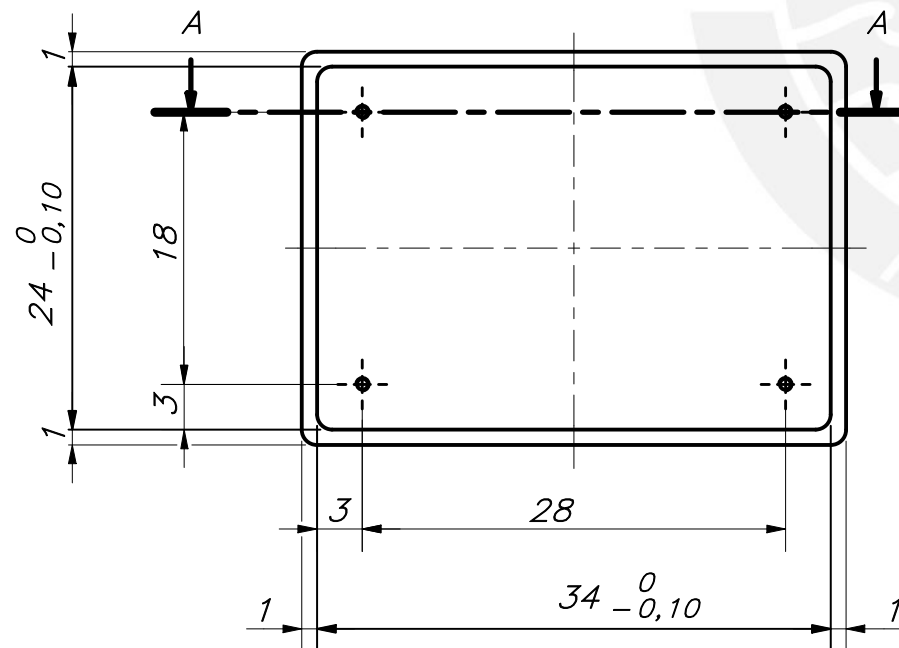
MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN ELECTROGONIÓMETRO PARA MEDIR LOS ÁNGULOS DE FLEXO-EXTENSIÓN Y PRONO-SUPINACIÓN DEL CODO	ESCALA
	MÓDULO DE CONTROL	1:1
		FECHA: 2021.11.02
20161428	FELIX RUIZ, JAVIER ANTONIO	PLANO: PE-A3-02



CORTE A-A



DETALLE B
ESCALA 5 : 1



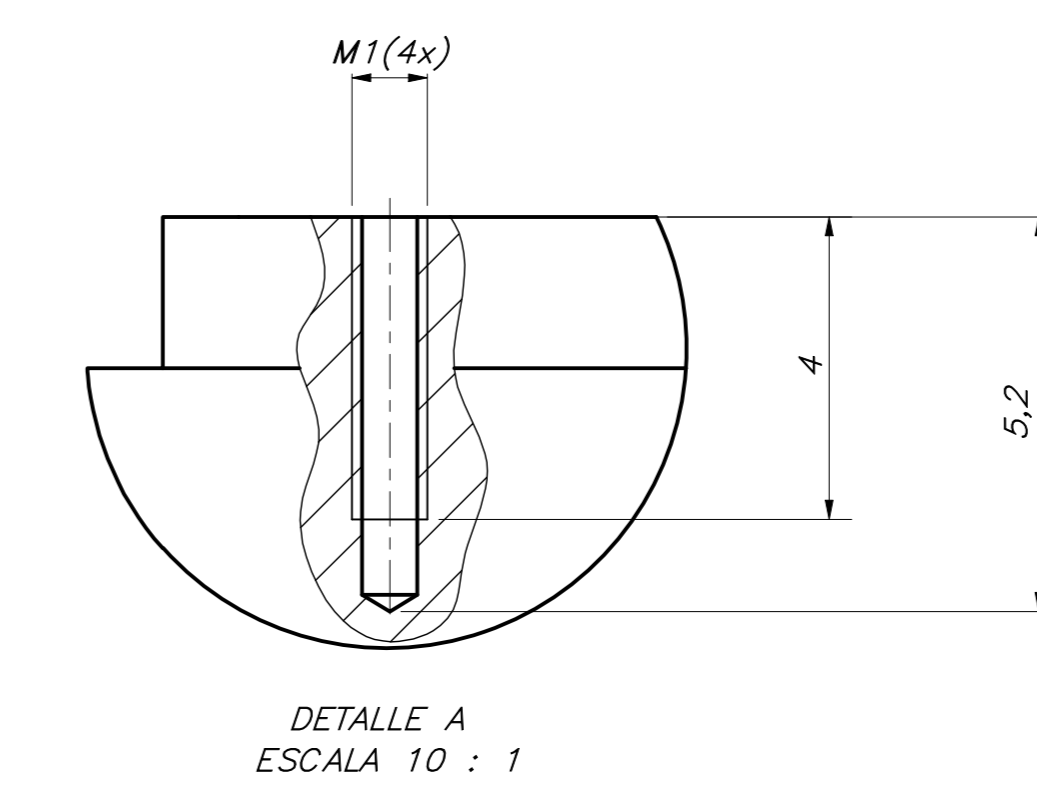
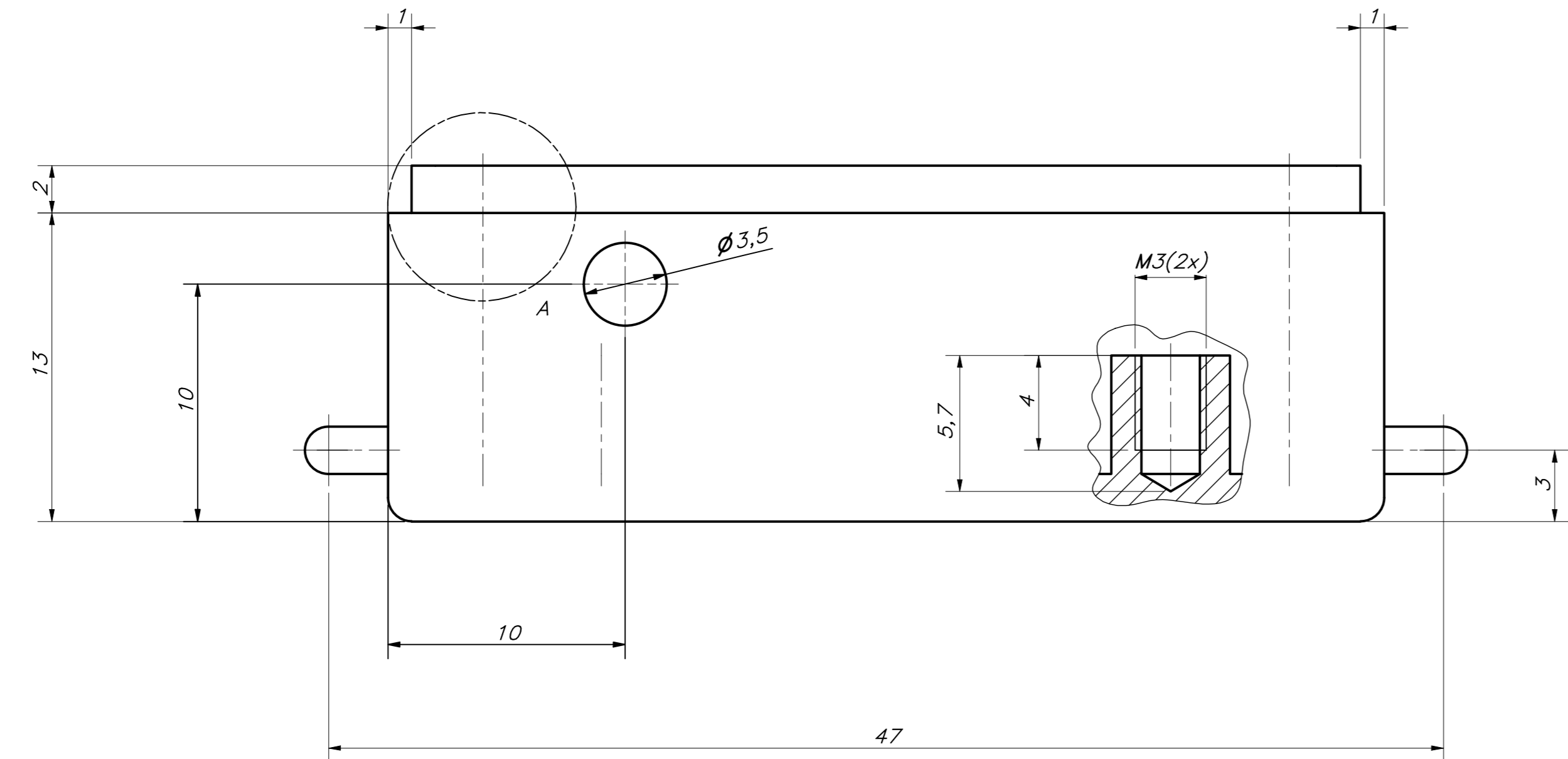
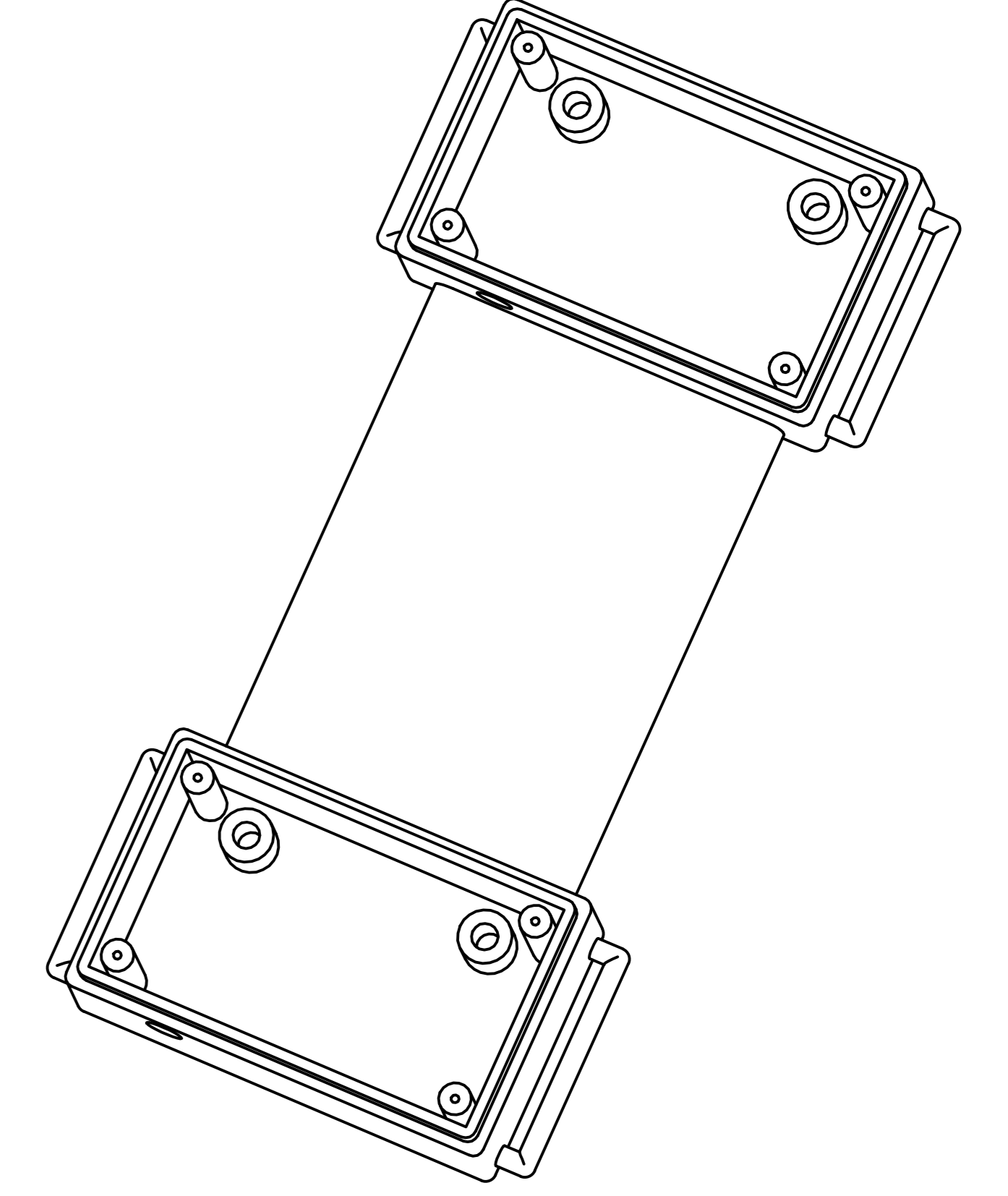
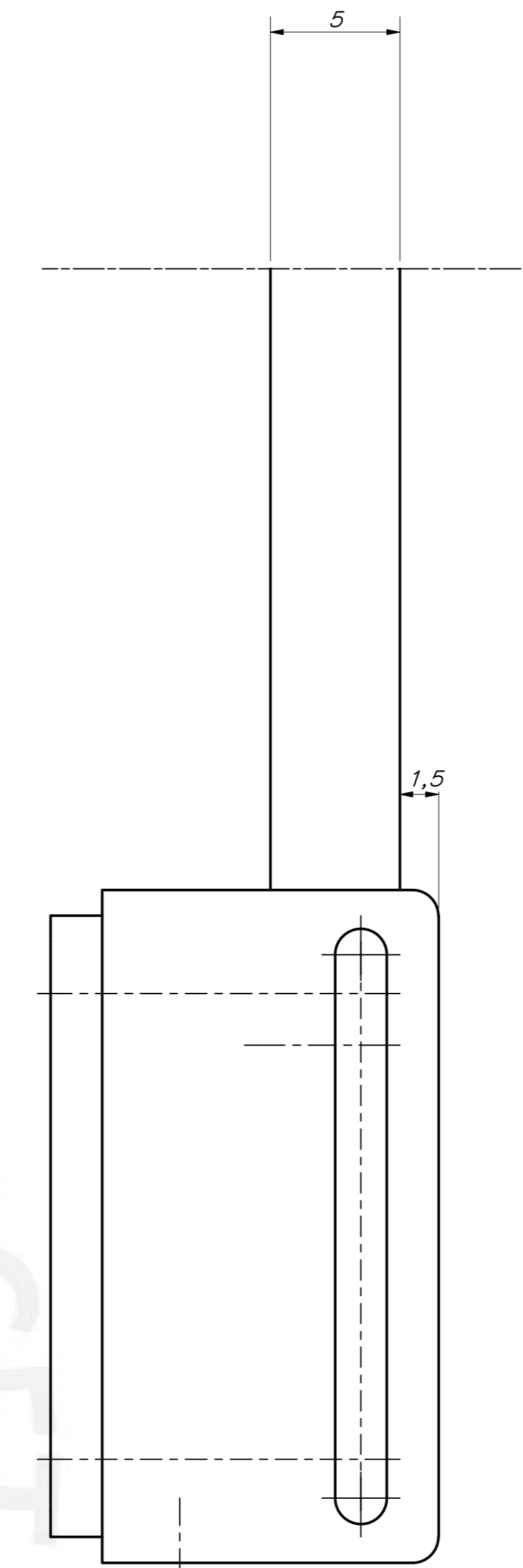
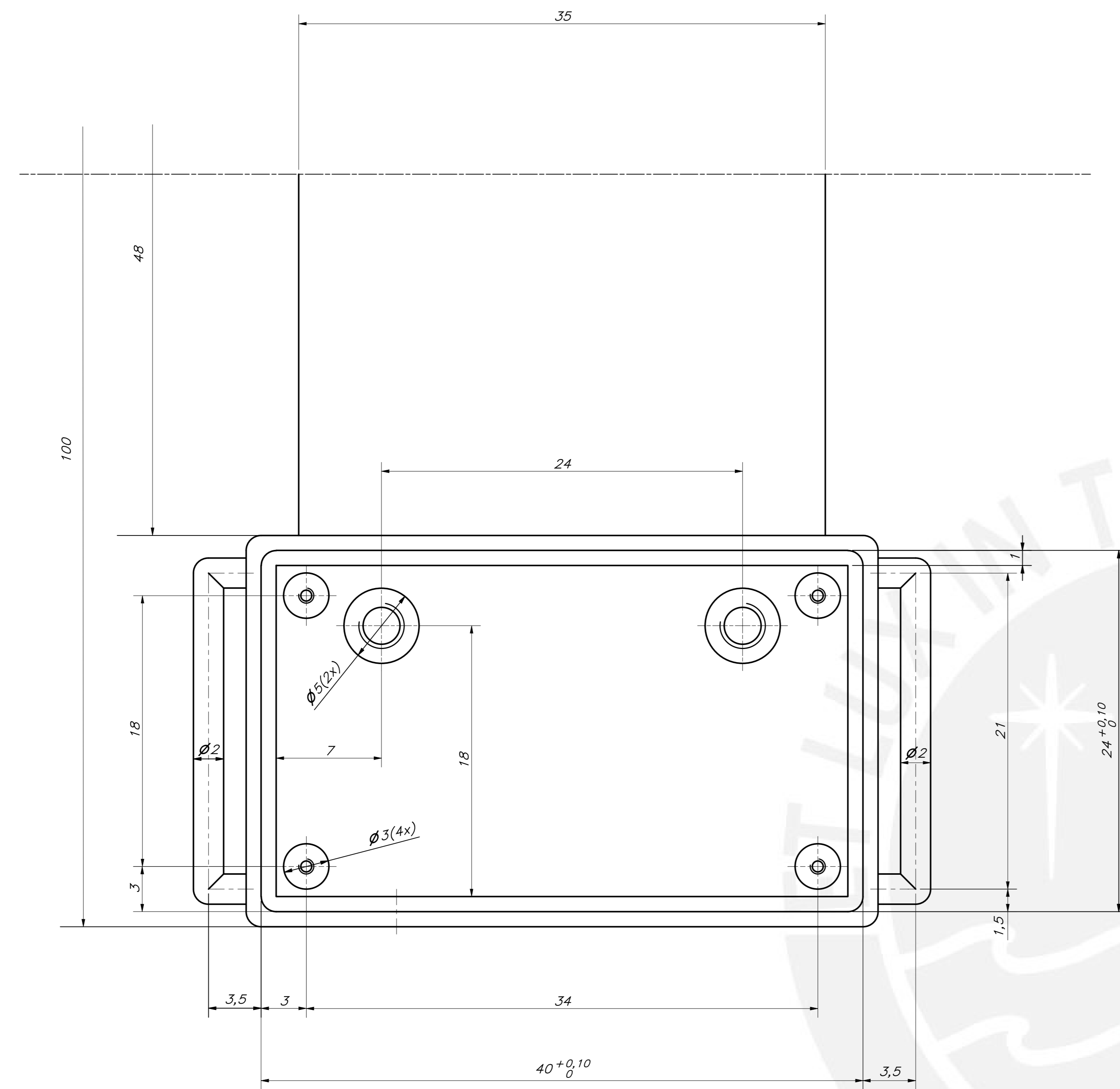
REDONDEOS NO MOSTRADOS R1

Densidad de la pieza: 100%
 Altura de capa: 0.12mm
 Velocidad de impresión: 60mm/s

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 3.2/	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 MEDIO	MATERIAL FMD ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN ELECTROGONIÓMETRO PARA MEDIR LOS ÁNGULOS DE FLEJO-EXTENSIÓN Y PRONO-SUPINACIÓN DEL CODO TAPA MÓDULO DE MEDICIÓN	ESCALA 2:1
20161428	FELIX RUIZ, JAVIER ANTONIO	FECHA: 2021.11.03 PLANO: PD-A3-03

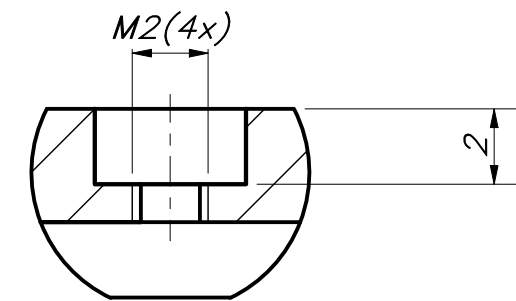
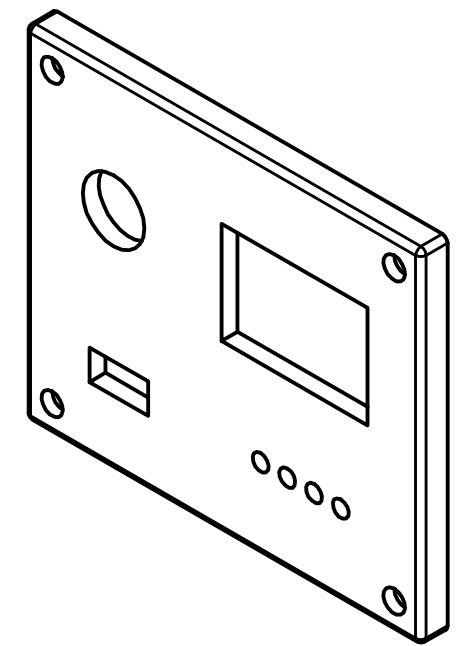
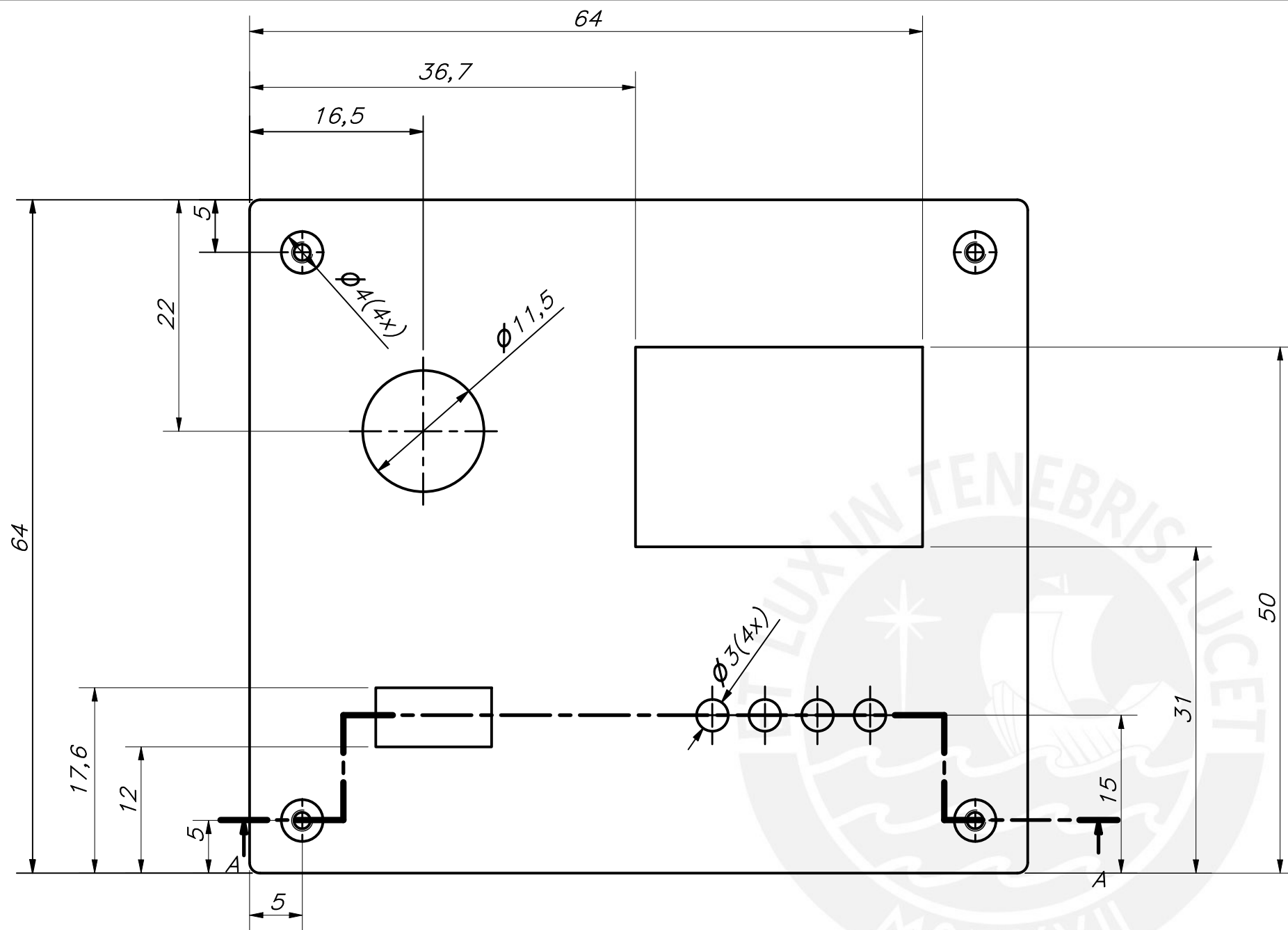


TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN ISO 2768-1						
GRADO DE EXACTITUD	H7	H8	H9	H10	H11	H12
MEDIO	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	±1.0

REDONDEOS NO MOSTRADOS R1

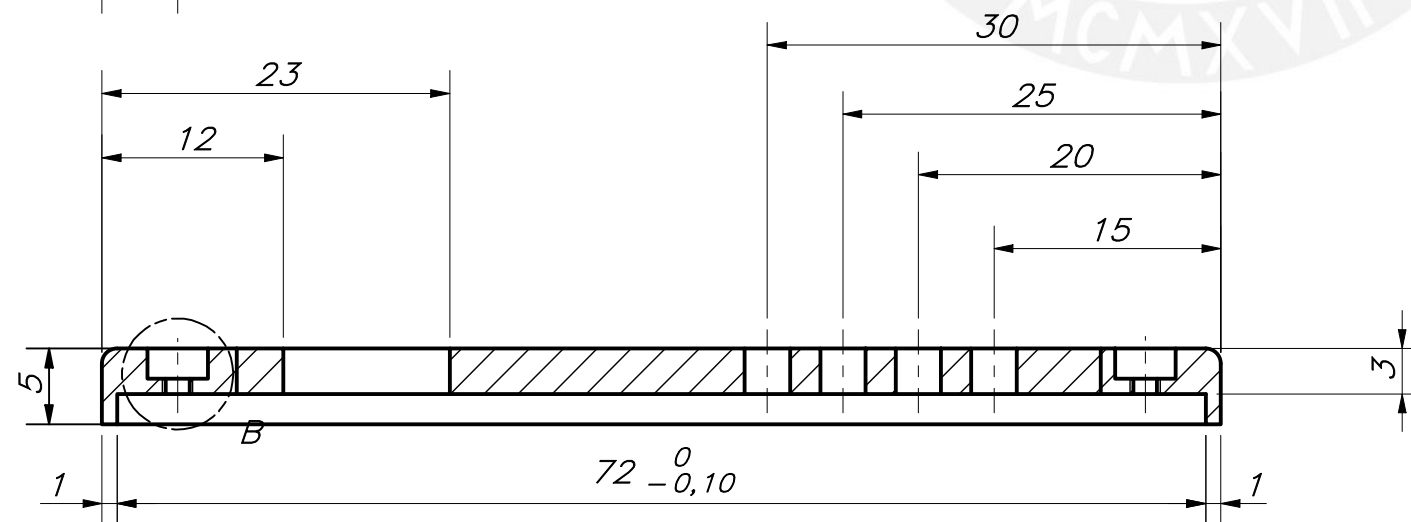
Densidad de la pieza: 100%
 Altura de capa: 0.12mm
 Velocidad de impresión: 60mm/s

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/√R	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 MEDIO	MATERIAL FDM ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
METODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN ELECTRODINAMÓMETRO PARA MEDIR LOS ANGULOS DE FLEJO-EXTENSION Y PRONO-SUPINACION DEL CODO	ESCALA 5:1
BASE MÓDULO DE MEDICIÓN		FECHA: 2021.11.02
20161428	FELIX RUIZ, JAVIER ANTONIO	PLANO: PD-A0-04



DETALLE B
ESCALA 5 : 1

REDONDEOS NO MOSTRADOS R1



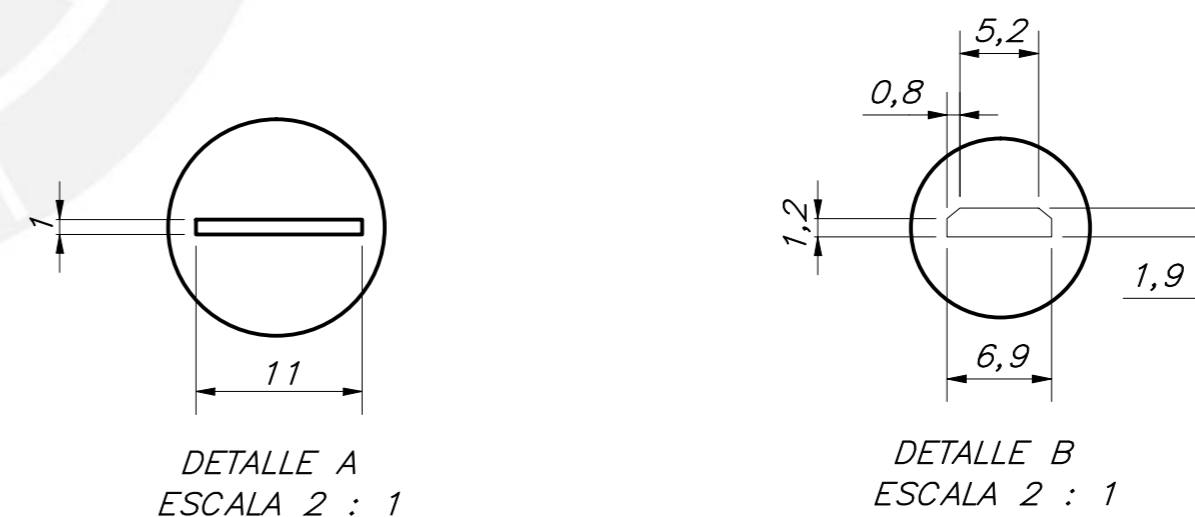
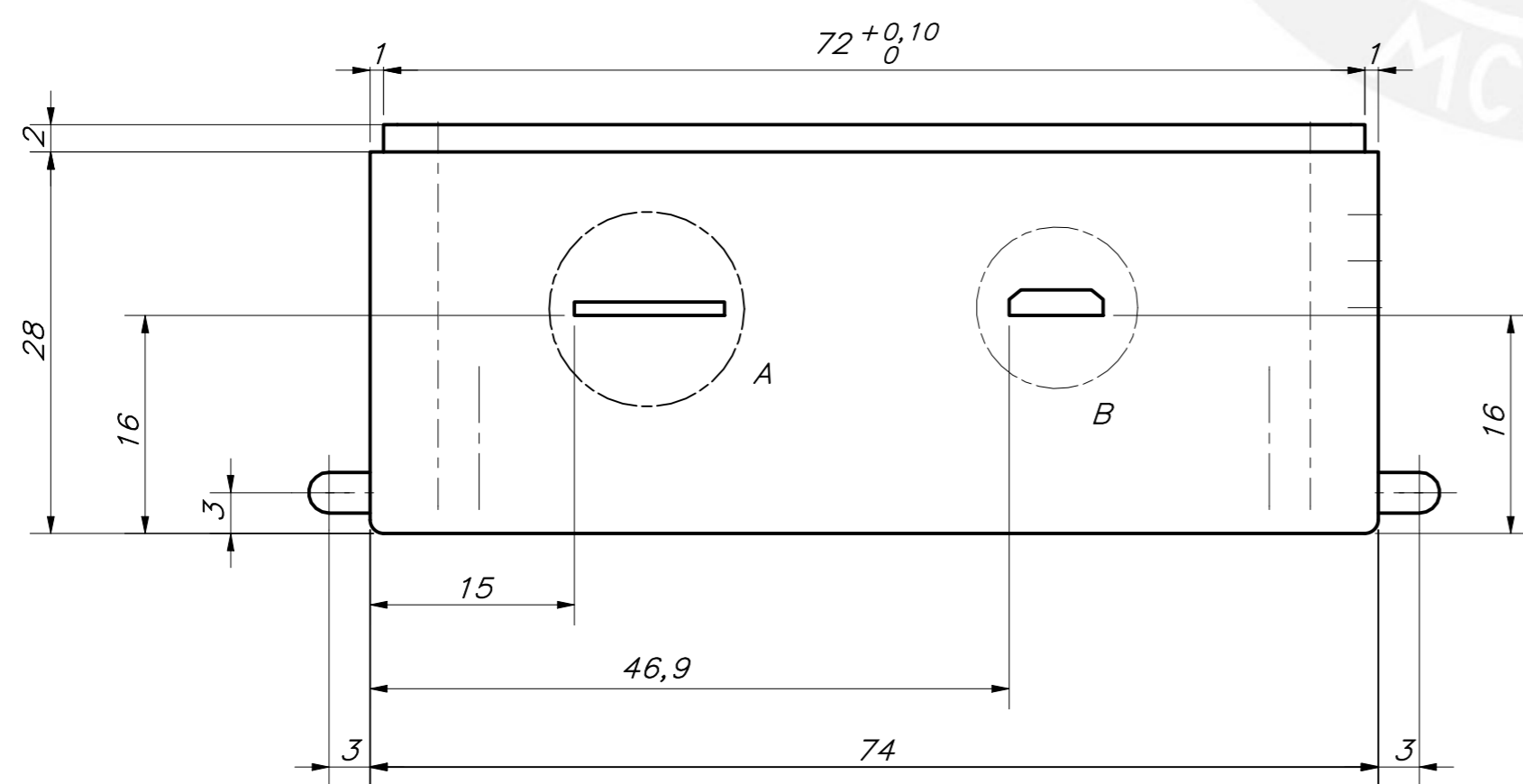
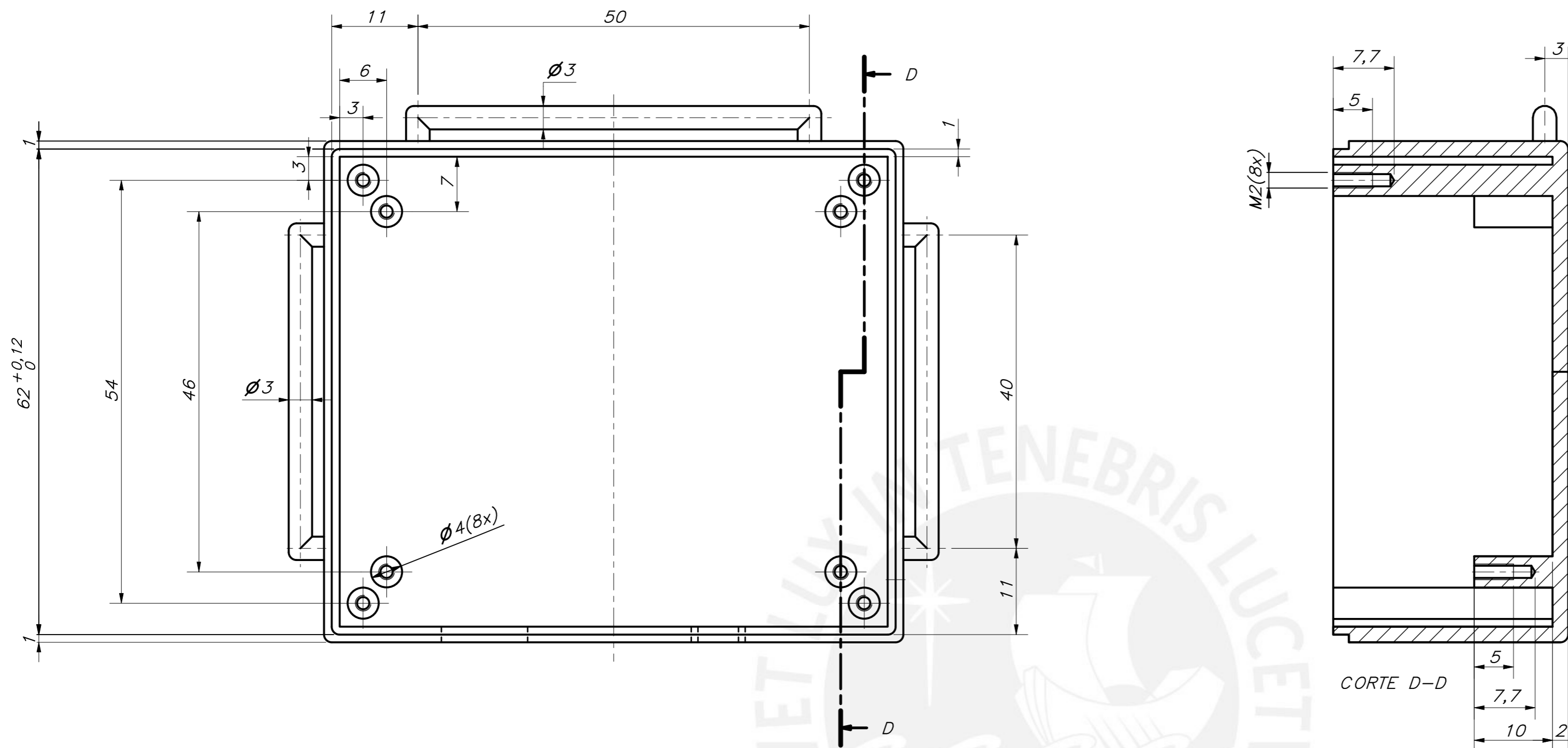
CORTE A-A

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

Densidad de la pieza: 100%
 Altura de capa: 0.12mm
 Velocidad de impresión: 60mm/s

ACABADO SUPERFICIAL 3.2	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 MEDIO	MATERIAL FDM ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERZA – INGENIERZA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN ELECTROGONIÓMETRO PARA MEDIR LOS ÁNGULOS DE FLEJO-EXTENSIÓN Y PRONO-SUPINACIÓN DEL CODO	ESCALA 2:1
	TAPA MÓDULO DE CONTROL	FECHA: 2021.11.02
20161428	FELIX RUIZ, JAVIER ANTONIO	PLANO: PD-A3-05



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

REDONDEOS NO MOSTRADOS R1

Densidad de la pieza: 100%
 Altura de capa: 0.12mm
 Velocidad de impresión: 60mm/s

ACABADO SUPERFICIAL 3.2	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 MEDIO	MATERIAL FDM ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	DISEÑO DE UN ELECTROGONIÓMETRO PARA MEDIR LOS ÁNGULOS DE FLEXO-EXTENSIÓN Y PRONO-SUPINACIÓN DEL CODO	ESCALA 2:1
	BASE MÓDULO DE CONTROL	FECHA: 2021.11.01
20161428	FELIX RUIZ, JAVIER ANTONIO	PLANO: PD-A2-06

