

### Apéndice E. Costos del proyecto

Los costos consolidados del proyecto ya ejecutado (Tabla 11) diferencian los aportes efectuados por la Universidad Industrial de Santander (UIS) —en efectivo y en especie— de los recursos aportados por el estudiante. La parte superior recoge los rubros del anteproyecto original (Lote I): infraestructura (internet, refrigerante, transporte, recursos bibliográficos), operación del centro de mecanizado Leadwell V-20, cadena de adquisición NI cDAQ-9174 + NI-9234, alquiler de los micrófonos PG81 (Shure) y TXL 235 (TOPP Audio), materiales (acero SAE 4140, brocas, cables, conectores) y tiempos docentes y de estudiante. La parte inferior agrupa los rubros adicionales del Lote II (nodo ESP32, sensores INMP441 y YF-S201, PCB, insumos de soldadura, fabricación aditiva de los *cases* y cámara microscópica) que no figuraban en el anteproyecto original y fueron asumidos en su totalidad por el estudiante en especie. Es importante precisar que los costos asociados a la fabricación aditiva fueron subsidiados aproximadamente en un 60 % por la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UIS a través del Laboratorio de Manufactura Digital, mientras que el 40 % restante (filamento y consumibles directos) corrió por cuenta del estudiante. La selección de filamentos sigue un criterio funcional: se empleó **PLA+** para los espaciadores que mantienen la guía EMT separada del panel acrílico de la máquina y para el *case* del nodo ESP32 —donde la rigidez y la fidelidad geométrica son críticas pero las cargas mecánicas son moderadas—, y **PET-G** para las abrazaderas del riel de micrófonos, dado su mayor módulo elástico y su mejor desempeño frente a esfuerzos repetidos de apriete y a la temperatura ambiente del entorno de trabajo.

#### Tabla 11

*Presupuesto consolidado del proyecto: aportes UIS (efectivo y especie) y aportes del estudiante (efectivo y especie). Incluye los rubros del anteproyecto (Lote I) y los rubros adicionales del Lote II (nodo ESP32, sensores y fabricación aditiva). Costos en pesos colombianos (COP), precios 2026.*

Ítem	Aporte UIS		Aporte estudiante		Total
	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	
Lote I — Anteproyecto					
Internet (9 meses)	—	—	\$ 160.200	—	\$ 160,200
Insumos de laboratorio (refrigerante)	\$ 130.000	—	—	—	\$ 130,000
Transporte	—	\$ 50.000	—	—	\$ 50,000
Recursos bibliográficos	\$ 2.000.000	—	—	—	\$ 2.000.000
Operación Torno CNC	\$ 1.000.000	—	—	—	\$ 1.000.000
Leadwell V-20					
NI cDAQ-9174	\$ 1.800.000	—	—	—	\$ 1.800.000
NI 9234 IEPE 4 canales, ±5 V, 51,2 kS/s, 24 bits	\$ 4.156.000	—	—	—	\$ 4.156.000
Protector de micrófonos	—	\$ 8.000	—	—	\$ 8,000
Alquiler micrófono PG81 (Shure)	—	\$ 50.000	—	—	\$ 50,000
Alquiler micrófono TXL 235 (TOPP Audio)	—	\$ 100.000	—	—	\$ 100,000
Material para taladrar (acero SAE 4140)	—	\$ 550.000	—	—	\$ 550,000
Refrentados	—	\$ 50.000	—	—	\$ 50,000
Brocas	—	\$ 200.000	—	—	\$ 200,000
Cable coaxial RG6 (5 m)	—	\$ 10.000	—	—	\$ 10,000
Conector cannon con cable	—	\$ 8.000	—	—	\$ 8,000
Imprevistos Lote I (10 %)	—	\$ 97.600	—	—	\$ 97,600

*continúa en la página siguiente*

Tabla 12 — continuación

Ítem	Aporte UIS		Aporte estudiante		Total
	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	
Horas de consulta de profesor (20 h)	\$ 1.000.000	—	—	—	\$ 1.000.000
Horas de trabajo de estudiante (192 h)	—	—	\$ 2.304.000	—	\$ 2.304.000
<i>Subtotal Lote I</i>	<i>\$ 10.086.000</i>	<i>\$ 1.123.600</i>	<i>\$ 2.464.200</i>	<i>—</i>	<i>\$ 13.673.800</i>
<i>Lote II — Adiciones del estudiante (aporte en especie)</i>					
Placa ESP32-WROOM-32 DevKit (×2)	—	—	—	\$ 70.000	\$ 70,000
Microfono MEMS INMP441 (×2)	—	—	—	\$ 50.000	\$ 50,000
Sensor de caudal YF-S201	—	—	—	\$ 30.000	\$ 30,000
Acoples hidráulicos y mangueras (caudalímetro)	—	—	—	\$ 40.000	\$ 40,000
PCB prototipo 2 capas (×5)	—	—	—	\$ 60.000	\$ 60,000
Insumos de soldadura (estaño, flux, pasta, puntas)	—	—	—	\$ 45.000	\$ 45,000
Filamento PLA+ (1 kg)	—	—	—	\$ 95.000	\$ 95,000
Filamento PET-G (1 kg)	—	—	—	\$ 110.000	\$ 110,000
Impresión 3D del <i>case</i> ESP32 y riel de micrófonos	—	—	—	\$ 80.000	\$ 80,000
Cámara microscópica USB CMOS	—	—	—	\$ 90.000	\$ 90,000

*continúa en la página siguiente*

Tabla 12 — continuación

Ítem	Aporte UIS		Aporte estudiante		Total
	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	
Cableado USB extensor y alimentación	—	—	—	\$ 25.000	\$ 25,000
Imprevistos Lote II (10 %)	—	—	—	\$ 69.500	\$ 69,500
<i>Subtotal Lote II</i>	—	—	—	<i>\$ 764.500</i>	<i>\$ 764.500</i>
<b>Total consolidado</b>	<b>\$ 10.086.000</b>	<b>\$ 1.123.600</b>	<b>\$ 2.464.200</b>	<b>\$ 764.500</b>	<b>\$ 14.438.300</b>

El costo global consolidado del proyecto asciende a **\$ 14.438.300** COP, suma del subtotal del anteproyecto (\$ 13.673.800) más las adiciones del Lote II (\$ 764.500). El incremento corresponde íntegramente a aporte del estudiante en especie (electrónica, consumibles, fabricación aditiva y cámara microscópica), sin impacto sobre los rubros desembolsados por la UIS.