



Universidad Tecnológica de La Habana  
José Antonio Echeverría  
**cujae**

**Facultad de Ingeniería  
Automática y Biomédica**

**Trabajo de Diploma para optar por el título académico de  
Ingeniero en Automática**

**Optimización en el sistema de tratamiento de  
agua de la planta de bulbos en Laboratorios AICA+  
mediante electrodiesionización**

**Autor**

Armando Cesar Martin Calderón

**Tutores**

Ing. Amanda Martí Coll

Ing. Rosaine Ayala Gispert

La Habana, Cuba

Junio, 2023

# CAPÍTULO 1

## ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS

En el presente capítulo, se abordará el análisis financiero del proyecto, desde su inicio hasta su conclusión. Este análisis incluirá tres componentes clave: el coste de la investigación, el precio de los servicios científicos y técnicos, y los beneficios de la investigación, así como el impacto económico de la implementación de los resultados. Este análisis es fundamental para evaluar tanto la calidad como la relevancia del proyecto para la empresa farmacéutica AICA, donde se llevará a cabo la implementación del sistema de Electrodesionización (EDI).

El análisis del coste contempla los gastos derivados de la utilización de la tecnología necesaria, los costes de adquisición de los equipos, componentes de instalación y materiales utilizados directamente, así como los salarios del personal técnico involucrado en el proyecto. Por otro lado, el análisis de los beneficios resulta esencial, ya que permite tener control sobre el gasto incurrido, proporcionando elementos de juicio de carácter económico y otorgando una visión más amplia de las tareas relacionadas con la implementación de esta tecnología, minimizando de esta manera el desperdicio de recursos en instrumentación o materia prima innecesaria para la realización del proyecto.

El objetivo de este análisis económico es proveer una visión detallada y objetiva de los costes asociados con la implementación de un sistema de EDI en la industria farmacéutica AICA,

permitiendo de este modo una planificación y gestión eficiente de los recursos disponibles.

## 1.1 Costo del proyecto

La estimación del costo se lleva a cabo al inicio del proyecto y se considera una aproximación del costo real, que se determinará al finalizar el proyecto. Este costo puede calcularse a través de la suma del costo directo e indirecto, tal como se muestra en la ecuación (1.1).

$$CT = CD + CI \quad (1.1)$$

Donde:

CT representa el costo total del proyecto.

CD hace referencia al costo directo.

CI denota el costo indirecto.

### Costo indirecto

El costo indirecto abarca gastos tales como el consumo de electricidad, gastos administrativos, entre otros. Este valor se estima multiplicando un coeficiente de gasto, en este caso 0.84, por el salario básico de la investigación, tal como se muestra en la ecuación (1.2).

$$CI = 0.84 * SB \quad (1.2)$$

### Costo directo

El costo directo engloba todos los gastos económicos necesarios para la realización del proyecto. Se calcula como la suma del Salario Básico (SB), el Salario Complementario (SC), el Seguro Social (SS), los Medios Directos (MD), las Dientas y los Pesajes (DP), y Otros Gastos (OG), como se puede observar con más detalle en la ecuación (1.3).

$$CD = SB + SC + SS + MD + DP + OG \quad (1.3)$$

### **Salario básico**

SB (salario básico): Consiste en el salario que se paga por el tiempo trabajado, es decir, no se incluye seguridad social ni vacaciones. Incluye los salarios básicos de todos los participantes del proyecto.

$$SB = \sum_{i=0}^n (Ai * Bi) \quad (1.4)$$

Donde:

$Ai$ : días dedicados a la investigación del proyecto.

$Bi$ : salario diario del participante  $i$  (salario mensual / 24)

$n$ : número total de participantes del proyecto.

El salario por hora de los participantes está dado por la relación existente del salario básico de cada uno entre la cantidad de días dedicados a actividades laborales, multiplicado por la cantidad de horas. Teniendo en cuenta que en un mes existen 24 días laborables como promedio y que al día la jornada de trabajo es de 8 horas se puede plantear que:

$$B1 = 4,900 / (24*8) = 25.53 \text{ CUP/Hrs}$$

$$B2 = 9730.5 / (24*8) = 33.85 \text{ CUP/Hrs}$$

$$B3 = 400 / (24*8) = 2.08 \text{ CUP/Hrs}$$

En la Tabla 1.1 se muestra una relación de las personas que participan en la realización de este proyecto.

Tabla 1.1: Participantes en el proyecto

<b>Nombres y apellidos</b>	<b>i</b>	<b>SB (CUP)</b>	<b><math>A_i</math> (Hrs)</b>	<b><math>B_i</math></b>	<b><math>A_i \cdot B_i</math></b>
Ing. Amanda Martí Coll	1	4900	120	25.53	3062.5
Ing. Rosaine Ayala	2	6500	120	33.85	4062.5
Armando Cesar Martín Calderón	3	400	480	2.08	1000

Se emplearon 5 meses de trabajo comprendidos entre enero y mayo. Considerando que los tutores le dedicaron a la actividad, cada día laborable, 1 hora de trabajo como promedio, entonces se puede afirmar que fueron asignadas a la investigación 120 horas por cada uno de ellos. El estudiante le dedicó cada día laborable como 5 horas como promedio, a la investigación, es decir, un total de 480 horas.

Según la ecuación (1.4):

$$SB = 120 * 25.53 + 120 * 33.85 + 480 * 2.08 = 8125CUP \quad (1.5)$$

### Salario complementario

El salario complementario (SC) es el 9.09 % del salario básico, destinado para el pago de las vacaciones. Se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$SC = SB * 0.0909 \quad (1.6)$$

$$SC = 0.0909 * 8125 = 738.56CUP \quad (1.7)$$

### Seguro Social

El seguro social (SS) equivale al 5 % del salario básico más el salario complementario, y se calcula de la siguiente forma:

$$SS = 0.05 * (SB + SC) \quad (1.8)$$

$$SS = 0.05 * (8125 + 738.5625) = 443.17CUP \quad (1.9)$$

### Medios Directos

Los medios directos (MD) incluyen los costos de todos los equipos, componentes de instalación y materiales utilizados directamente en la investigación.

Para llevar a cabo el proyecto será necesario hacer algunos gastos imprescindibles. En la Tabla 1.2 se muestran los precios de los elementos que deben adquirirse:

Tabla 1.2: Listado de precios de los dispositivos e instrumentos

Dispositivo/instrumento	Cantidad	Precio por unidad	Precio total
Electrodesionizador	1	\$5,400	\$5400
Sensor transmisor de flujo	1	\$1,230	\$1,230
Sensor conductividad	1	\$1,703.00	\$1,703.00
Transmisor de conductividad	1	\$983	\$983
Sensor transmisor de presión	1	\$423	\$423
Manómetro	2	\$25	\$50
Válvula manual	2	\$22	\$44

El total de gastos en materiales directos es:

$$MD = \$9,833 \quad (1.10)$$

### Dietas y Pasajes

Las dietas y pasajes (DP) representan los gastos ocasionados por dietas y pasajes. Estos gastos no incurren en el caso de este proyecto, por lo que se considera que  $DP = 0.00$  CUP.

### Otros Gastos

Los otros gastos (OG) incluyen el costo de utilización de equipamiento. Se considera el gasto por concepto de tiempo de máquina, que tiene un valor de \$10.00 la hora.

Se incluye el gasto por consumo de energía eléctrica, durante las horas de tiempo de máquina empleadas en la elaboración del proyecto. Para un total de 450 horas resulta ser:

$$OG = 480 \text{ horas} * 10CUP = 4800.00CUP \quad (1.11)$$

### Cálculo del Costo Directo

$$CD = SB + SC + SS + MD + DP + OG \quad (1.12)$$

$$CD = 14,106.73CUP + \$9,833 \quad (1.13)$$

### Costos indirectos

El término Costos Indirectos (CI) se refiere a los gastos de electricidad consumida, gastos de

administración, instalaciones, etc., en el proceso de investigación. Este se estima aplicando un coeficiente de gastos al salario básico de la investigación. El coeficiente de gastos para un Departamento Docente es 0.84 y para una UCT (Unidad de Ciencia y Técnica) es 1.4063.

$$CI = 0.84 * SB = 6,825CUP \quad (1.14)$$

### Costo Total

El costo total del proyecto resulta la suma de los costos directos e indirectos, por tanto:

$$CT = CD + CI = 20,931.73CUP + \$9,833 \quad (1.15)$$

### Precio

El precio se determina mediante la expresión:

$$P = CT + 0.1 * CT \quad (1.16)$$

$$P = 20,931.73CUP + \$9,833 + 0.1 * (20,931.73CUP + \$9,833) \quad (1.17)$$

$$P = 20,931.73CUP + \$9,833 + (2,093.17CUP + \$983.3) = 23,024.9CUP + \$10,816.3 \quad (1.18)$$

Donde:

CT representa el costo total de todos los elementos de la red y control de conductividad,  $0.1*CT$  representa los salarios pagados a especialistas, técnicos, y el resto del personal involucrado en el diseño, montaje y puesta en marcha del sistema, el costo de impuestos aduanales, de combustible para el transporte del personal, y para el cableado.

Luego el costo total del proyecto de tesis es:

Costo total del proyecto de tesis = CT + P

Costo total del proyecto de tesis = (20,931.73 CUP + \$9,833) + (23,024.9 CUP + \$10,816.3)

Costo total del proyecto de tesis = 43,956.63 CUP+ \$20,649.3

## **1.2 Análisis Económico**

El desarrollo de este proyecto de tesis tiene implicaciones económicas significativas. En primer lugar, la implementación del EDI en la segunda etapa de membranas de la ósmosis inversa permitirá controlar eficazmente las fluctuaciones de la conductividad del agua. Esta mejora en el control de calidad reducirá la variabilidad del producto final y garantizará la conformidad con los estándares de la farmacopea internacional requeridos para la producción de medicamentos.

Además, la incorporación del EDI también aumentará la eficiencia en el uso del agua. En lugar de desperdiciar el agua que no cumple con los estándares de conductividad, ahora se puede purificar y reutilizar. Este ahorro de recursos no solo tiene beneficios económicos directos, al reducir la cantidad de agua necesaria para el proceso, sino también indirectos, al minimizar el impacto ambiental de la operación y potencialmente mejorar la reputación de la empresa en términos de sostenibilidad.

Finalmente, al aumentar la producción de agua purificada y agilizar la fabricación de inyectables, este proyecto puede aumentar la capacidad de producción general de la empresa. Además, al evitar un mayor desgaste en el sistema de ósmosis inversa, puede prevenir costosos, paros de producción y reparaciones futuras. Por lo tanto, aunque la implementación del EDI conlleve una inversión inicial, es probable que esta inversión se recupere a través de los ahorros y beneficios económicos a largo plazo.