

Análisis de costos para el diseño de un espectrofotómetro mediante tecnologías en la I4.0

Diana Isela Rivera Ramos
División de Contaduría
*Tecnológico de Estudios Superiores de
Tianguistenco*
Santiago Tianguistenco, México
diana_industrial@test.edu.mx

Mario Ibañez Olvera
División Ing. Mecatrónica
*Tecnológico de Estudios Superiores de
Tianguistenco*
Santiago Tianguistenco, México
mario_mecatronica@test.edu.mx

Alexis Salvador Sillas López
División de Contaduría
*Tecnológico de Estudios Superiores de
Tianguistenco*
Santiago Tianguistenco, México
alexis_202022080@test.edu.mx

Abstract - This article deals with the challenge of designing high-quality spectrophotometers without compromising economics aspects, a crucial issue for researchers and laboratories with limited budgets. Spectrophotometers are essential tools in fields such as scientific research and industrial quality control, but commercial instruments can be expensive to purchase. To address this issue, a comprehensive cost analysis is presented that offers practical strategies for finding the right balance between precision and economy in spectrophotometer design and manufacturing.

Key aspects are discussed, such as the selection of efficient components, optimization of the design, the use of simulation software, and the consideration of long-term costs, such as maintenance and calibration. In addition, the importance of carefully evaluating specific needs before embarking on a spectrophotometer design project is emphasized. The feasibility of purchasing used equipment is explored and the search for financing through grants is presented as valuable strategies to reduce costs.

Key words: Spectrophotometer, Costs, optimization, Ultraviolet light.

Resumen - Este artículo aborda el desafío de diseñar espectrofotómetros de alta calidad sin comprometer los aspectos económicos, una cuestión crucial para investigadores y laboratorios con presupuestos limitados. Los espectrofotómetros son herramientas esenciales en campos como la investigación científica y el control de calidad industrial, pero la adquisición de instrumentos comerciales puede ser costosa. Para abordar este problema, se presenta un análisis de costos exhaustivo que ofrece estrategias prácticas para encontrar el equilibrio adecuado entre precisión y economía en el diseño y la fabricación de espectrofotómetros.

Se discuten aspectos clave, como la selección de componentes eficientes, la optimización del diseño, el uso de software de simulación y la consideración de costos a largo plazo, como mantenimiento y calibración. Además, se enfatiza la importancia de evaluar cuidadosamente las necesidades específicas antes de embarcarse en un proyecto de diseño de espectrofotómetro. Se explora la viabilidad de adquirir equipos usados y se presenta la búsqueda de financiamiento a través de subvenciones como estrategias valiosas para reducir costos.

Palabras clave: Espectrofotómetro, Costos, Optimización, Luz ultravioleta.

I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería ambiental desempeña un papel fundamental en la protección y conservación de nuestro entorno natural. En este contexto, la caracterización de analitos se presenta como una herramienta esencial para comprender, monitorear y gestionar los recursos naturales y el medio ambiente de manera efectiva. Los analitos, que pueden ser sustancias químicas o biológicas presentes en el entorno, abarcan una amplia gama de componentes. Estos incluyen contaminantes químicos, patógenos microbianos, nutrientes, metales pesados, compuestos orgánicos y muchos otros.

La caracterización de analitos permite evaluar la calidad del agua, aire, suelo y otros recursos naturales, esto es esencial para identificar la presencia de contaminantes que pueden representar riesgos para la salud humana y el ecosistema en general. La detección temprana y precisa de contaminantes químicos, como productos químicos industriales o pesticidas, y patógenos microbianos, como bacterias y virus, es crucial para tomar medidas correctivas oportunas y evitar problemas graves de salud pública y ambientales.

En el mercado actual, se encuentran disponibles una variedad de espectrofotómetros diseñados para operar en el rango de longitudes de onda de aproximadamente 380 a 800 nm. Estos dispositivos suelen destacar por su sencillez y eficacia, ya que utilizan una configuración de un solo haz, lo que no solo los hace asequibles, con precios que oscilan desde menos de 1000 hasta posiblemente 3000 dólares, sino también altamente portátiles y fáciles de transportar. Destaca la existencia de al menos un modelo que funciona con baterías, lo que amplía su utilidad y versatilidad,

convirtiéndolo en una opción atractiva para aplicaciones en campo.

La creación y competencia en el mercado de espectrofotómetros enfrenta desafíos como son el alto costo de inversión inicial, la competencia establecida, las regulaciones y normatividad vigente, así como la necesidad de innovación constante, y la demanda de precisión y calidad en los resultados obtenidos. Estos obstáculos requieren de una planificación estratégica y recursos significativos para poder ingresar con éxito en este sector.

II. CONCEPTOS BÁSICOS

A. Componentes de un espectrofotómetro

Si bien en la actualidad existen diferentes componentes que conforman un espectrofotómetro, entre sus principales componentes se encuentran:

1. Lámparas de halógeno o deuterio para proporcionar la luz necesaria para el análisis
2. Un monocromador, que sirve para aislar la longitud de onda de interés y eliminar la radiación indeseada
3. Un compartimiento de muestras para posicionar la solución de la muestra
4. Un detector, que se encarga de recibir la luz transmitida y convertida en una señal eléctrica
5. Una pantalla de visualización digital, la cual indicara la absorbancia o la transmitancia de la muestra analizada.

Los elementos anteriores, forman parte del proceso que realiza el funcionamiento de un espectrofotómetro, como se puede ver en la figura 1, en la que se muestra la relación de cada uno de los componentes dentro del instrumento [1].

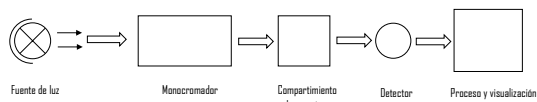


Figura 1 Diagrama de flujo de un espectrofotómetro

Dentro de un espectrofotómetro, la luz de la lámpara se enfoca en una hendidura de entrada del monocromador, donde el espejo colimador dirige el haz sobre la rejilla. A su vez la rejilla dispersa el haz de luz para producir el espectro en una proporción, de la cual se enfoca sobre la hendidura de salida del monocromador mediante un espejo colimador. Es a partir de aquí que el haz pasa al compartimiento de la muestra a través de uno de los filtros, lo cual ayuda a eliminar la radiación indeseada de segundo orden de la rejilla de difracción. A la salida del compartimiento de la muestra, el haz pasa al fotodiodo detector de silicón y lo que hace que el detector produzca una señal eléctrica que se visualizará en la pantalla digital.

B. Optimización del modelado

La estructura de los espectrofotómetros normalmente es robusta, ya que los materiales con los que se realiza el proceso de análisis requieren de ciertos componentes y elementos que incrementan su volumen significativamente, con la intención de optimizar el diseño y funcionamiento de estos, surge la necesidad de crear un modelo con el cual se podría reducir el tamaño y por ende otorgaría la capacidad de poder realizar

pruebas de campo de manera efectiva debido a su portabilidad. Es por eso por lo que se diseñó y creó un modelo que cumpliera con el funcionamiento de un espectrómetro convencional, pero con la ventaja de implementar un proceso de producción enfocado en la Industria 4.0 donde gracias a la impresión 3D y a la simulación numérica nos permiten hacer más eficientes los procesos de producción a través de la aplicación de circuitos electrónicos más pequeños. [2].

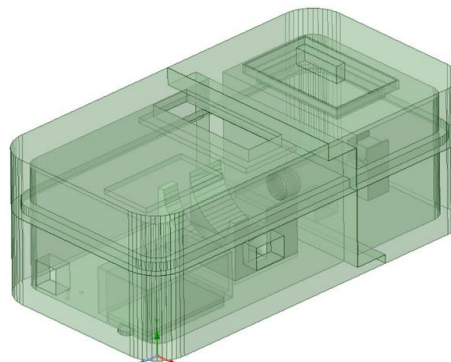


Figura 2 Modelo CAD del espectrofotómetro en SpaceClaim

Como se puede apreciar en la Figura 2, observamos el modelo que se fabricó con los conocimientos anteriores, para poder implementar componentes más simples que funcionarían de igual manera.

C. Implementación de la manufactura aditiva

La manufactura aditiva permite la creación de piezas y productos altamente personalizados y complejos que serían difíciles o imposibles de lograr con métodos de fabricación tradicionales. Esto facilita la adaptación a las necesidades específicas de los clientes y la creación de productos únicos. A diferencia de la fabricación sustractiva (como el mecanizado), donde se elimina material de una pieza bruta para obtener la forma deseada, la manufactura aditiva construye objetos capa por capa. Esto reduce significativamente el desperdicio de material, lo que es beneficioso tanto desde una perspectiva ambiental como económica.

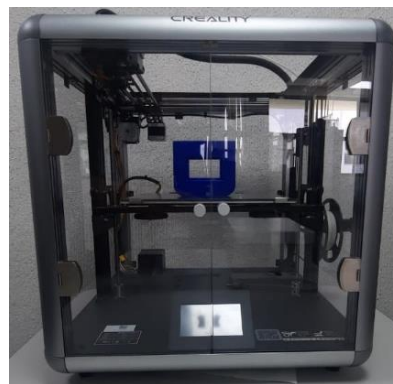


Figura 3 Impresión del modelo CAD

III. MATERIA PRIMA

La materia prima representa el primer eslabón de una cadena de fabricación, y en las distintas fases del proceso de producción se transformará hasta convertirse en un producto apto para el consumo. El desarrollo de la teoría económica y de las primeras fábricas a gran escala evidenció las carencias de este tipo de bienes. Nos referimos, sobre todo, a la volatilidad de sus precios y a su poco valor añadido. El costo de la materia prima se determinó con base a cuanto material e insumos se ocuparon para poder desarrollar el proyecto, para ello se creó una lista de todos los materiales con su respectivo precio. Como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 Costos de producción unitarios

COSTO DE PRODUCCIÓN UNITARIO			
Descripción	Precio	Cantidad	Total
Filamento SILK PLA	\$1.52	130 m	\$197.00
Pegamento Kola Loka Industrial	\$75.00	1	\$75.00
Tarjeta nano Arduino	\$170.00	1	\$170.00
Resistencia variable	\$15.00	1	\$15.00
Soporte de batería 9v	\$15.00	1	\$15.00
Interruptor	\$4.00	1	\$4.00
Gy-8511 MI8511 Sensor De Luz Uv Ultravioleta	\$150.00	1	\$150.00
Pasta Para Soldar 60 Gramos Steren Soldek Flux Sol-060	\$0.7	10 gr	\$6.60
Lampara Uv Violeta 395nm Detector Orina Linterna 51 Leds	\$210.00	1	\$210.00
Pantalla LCD 16x2	\$85.00	1	\$85.00
LEDs indicadores	\$4.00	2	\$8.00
Rollo De Soldadura 100 Grs Aleación 40/60 Estaño/ Plomo 1 Mm	\$1.50	8 gr	\$12.00
Screw Shield Arduino Nano V3.0 Terminal De Clemas	\$43.00	1	\$43.00
Cable calibre #24	\$6.00	1.5 m	\$9.00
		TOTAL	\$1,000.20

IV. MANO DE OBRA DIRECTA

Es el esfuerzo físico y mental llevado a cabo por un trabajador para fabricar, reparar, o mantener un bien, como a la remuneración económica que dicho trabajo implica, o sea, el precio de los servicios del trabajo, esto es tomado en cuenta en la tabla 2.

Todo tipo de iniciativa productiva o de servicios requiere de una mano de obra. Justamente esa capacidad de trabajo es lo que la clase trabajadora tiene para intercambiar en el circuito económico, generalmente a cambio de un salario.

Tabla 2 Mano de obra directa

MANO DE OBRA DIRECTA			
Descripción	Horas de Trabajo	Costo Por Hora	Total
Diseño de CAD	10	\$25.93	\$259.30
Impresión de partes del prototipo	24	\$25.93	\$622.32
Programación	8	\$25.93	\$207.44
Ensamble	5	\$25.93	\$129.65
Equipo de muestreo	5	\$25.93	\$129.65
		TOTAL	\$ 1,348.36

V. GASTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN

Son todas aquellas erogaciones, o simples ajustes en los registros de Contabilidad, que son cargadas a la producción y que, además, no se pueden identificar con algún producto, o lote de productos, o con algún proceso determinado [3].

Si bien los materiales directos que se consumen en el proceso de la producción son fáciles de identificar con las respectivas órdenes de fabricación, no ocurre lo mismo con los materiales indirectos, esto se explica con la tabla 3, en la cual se presentan todos los gastos indirectos que se gestionan en el proceso de fabricación.

Tabla 3 Gastos indirectos de fabricación

GASTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN				
Descripción	Concepto	Cantidad	Precio	Total
Energía Eléctrica	kilowatt	32	\$1.01	\$11.15
Mano de obra indirecta	horas	6	\$25.93	\$155.58
Servicio internet	50 megas		\$389.00	\$389.00
Papelería			\$200.00	\$200.00
Teléfono	paquete mensual		\$200.00	\$200.00
Artículos de limpieza			\$350.00	\$350.00
Equipo de seguridad	Bata, guantes, lentes seguridad			\$839.00
			TOTAL	\$2,133.58

VI. RESULTADOS

A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas al prototipo del espectrofotómetro, se caracteriza por tener mejoras sobre el diseño original, siendo las más sobresalientes en tamaño, mediciones y tal vez lo más importante el precio con el que se encuentra en el mercado ya que este tiene un precio estimado de \$6,000.00, comparado con un convencional que se encuentra por arriba de los \$30,000.00

En la figura 4 se muestra el uso y funcionamiento del prototipo del sensor.



Figura 4 Funcionamiento del prototipo.

Por último, en la tabla 4 se muestra, una comparación de los diferentes aspectos del prototipo de nuestro sensor, comparado con un convencional.

Tabla 4 Comparación de instrumentos

Descripción	Espectrofotómetro propio	VE-5100UV
Precio	\$6,000.00	\$30,000.00 – 500,000.00 o más
Inicio de operación del instrumento	No requiere tiempo de preparación	20 – 25 min (Calentamiento de lámparas)
Portabilidad del instrumento	Si	No
Tamaño	90 x 200 x85 mm	280 x 420 x 180 mm
Consumo de potencia	1.35 watts	60 watts
Dispositivo para emisión de luz	LED	Lámparas de Deuterio, etc.
Tiempo de vida del dispositivo emisor de luz	50,000 hrs	13,140 hrs
Alimentación	Batería de 9v	110-250 VAC

VII. CONCLUSIONES

La inversión de este proyecto se podrá recuperar desde el primer año basándonos en el análisis de mercado realizado y mediante cálculos precisos y así mismo podremos generar ganancias que nos permitirá evolucionar dentro de la industria.

Tabla 5 Determinación de precio

DETERMINACIÓN DE PRECIO DE VENTA	
Costo de Producción	\$4482.14
% Margen de contribución	0.338646272
Utilidad /Margen de contribución	\$1,517.86
Precio de venta	\$6,000.00

VII. REFERENCIAS

- [1] D. A. Skoog, F. J. Holler y S. R. Crouch, Principios de análisis instrumental, 6a ed. México: Cengage Learning., 2008.
- [2] “Ansys SpaceClaim 3D Modeling Software”. Accedido el 11 de abril de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.ansys.com/products/3d-design/ansys-spaceclaim>
- [3] Del Río González Cristóbal. (2001). Costos Históricos I. 2ª edición, Editorial Cengage Learning, México