

## Selección de equipos de laboratorios a partir de una metodología con enfoque multicriterio



### Selection of laboratory equipment based on a methodology with a multi-criteria approach

CU-ID: 2144/v13e08

✉Geraldo Arbolaez Sarabia<sup>1\*</sup>, ✉Edith Martínez Delgado<sup>2</sup>, ✉Yarisleydis Nicot Rochet<sup>2</sup>

**RESUMEN:** Los equipos de laboratorios son tecnologías de gran importancia en el sector científico y la apropiada selección de los mismos brinda exactitud, fiabilidad y puntualidad de los resultados, a la vez que garantiza un alto nivel en su rendimiento. En el presente trabajo se propone el diseño de una metodología para la selección adecuada de los equipos de laboratorios importados, mediante una tecnología cuantitativa con enfoque multicriterio. La metodología diseñada consiste en desarrollar un conjunto de actividades para dar respuesta a la selección óptima de los equipos que se pretenden importar en el país, que parte desde la creación de un grupo de profesionales para realizar la selección hasta la aplicación del método de ramificación y acotación para determinar el tipo de equipamiento a adquirir. Mediante la ejecución de la metodología diseñada, se logra aprovechar el presupuesto asignado para la compra de los equipos y se disminuyen los costos de oportunidades que fueron generados por los métodos de selección, aplicados actualmente en los Centros de Investigaciones.

**Palabras claves:** Metodología, equipos de laboratorios, enfoque multicriterio.

**ABSTRACT:** Laboratory equipment is technologies of great importance in the scientific sector and the appropriate selection of them provides accuracy, reliability and punctuality of the results, while guaranteeing a high level of performance. The present work proposes the design of a methodology for the proper selection of imported laboratory equipment, using a quantitative technology with a multi-criterial approach. The methodology designed consists of developing a set of activities to respond to the optimal selection of the equipment that the Country intends to import, which starts from the creation of a group of professionals to carry out the selection to the application of the branching and dimensioning method for determine the type of equipment to acquire. Through the execution of the designed methodology, it was possible to take advantage the budget assigned for the purchase of the equipment and the opportunity costs that were generated by the selection methods currently applied in the Center are reduced.

**Key words:** Methodology, laboratory equipment, multi-criteria approach.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los avances tecnológicos y científicos han permitido el desarrollo de las sociedades; sin embargo, muy pocas personas saben que trabajar en un laboratorio químico no es cosa sencilla, pues es un espacio completamente equipado y preparado para la experimentación, la investigación y un sinnúmero de tareas científicas y tecnológicas que hacen de ese lugar un espacio muy especial, pues es ahí es donde se llevan a cabo la mayoría de las fases del método científico y de la experimentación

(Espinosa, 2015). Además, estos espacios cuentan con una gran cantidad de instrumentos, máquinas y materiales de laboratorio que son muy costosos y complicados de manejar. Saber cómo seleccionarlos e utilizarlos es tarea fundamental de los científicos, pues les serán de gran ayuda, principalmente en el desarrollo de investigaciones; pues de no saber para qué sirve cada instrumento y cuáles son los beneficios que les pueden brindar estos aparatos, puede convertirse en una debilidad que podría costarle el trabajo (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, 2017).

Recibido: 07/06/2021

Aprobado en su forma original: 10/11/2021

<sup>1</sup>Terminal de Contenedores Mariel, Cuba.

<sup>2</sup>Universidad de Ciencias Tecnológica (CUJAE), La Habana, Cuba.

\*Correo electrónico: [geraldo281987@gmail.com](mailto:geraldo281987@gmail.com)

La importancia de los laboratorios tanto en la enseñanza de las ciencias como en la investigación y en la industria es, sin duda algo indiscutible ([Bedini, Esteve, García, & Gasalla, 2018](#)). No se puede negar que el trabajo práctico en laboratorio, proporciona la experimentación y el descubrimiento y evita el concepto de “resultado correcto” que se tiene cuando se aprenden de manera teórica, es decir, sólo con los datos procedentes de los libros ([Lugo, 2006](#)), ([Huidobro, 2019](#)).

En el área de ingeniería, un laboratorio bien diseñado es una valiosa herramienta que contribuye a reforzar la enseñanza y en el que los alumnos pueden lograr una mayor comprensión, imposible de lograr por otros medios. Ahí, estos pueden verificar el modelo, validar y limitar suposiciones y predecir rendimientos ([Rodríguez & Cárcel, 2013](#)).

Se habla en general de adquirir productos idóneos para el uso al que están destinados. Sin embargo, esto debe traducirse a un lenguaje comprensible a través de las especificaciones, es decir la enumeración de las características de calidad: dimensiones, propiedades físicas, químicas y mecánicas, con sus respectivos valores esperados y tolerancias. Dichas características y valores constituyen los requisitos de calidad del producto y los parámetros de selección. Dentro de las especificaciones deben establecerse con precisión las necesidades del usuario, los requisitos legales, la competencia, la capacidad del proceso y el equilibrio entre costo y valor ([Silvero, 2016](#)).

Respecto a la tecnología, las decisiones al respecto se refieren al proceso de selección de la tecnología adecuada, que no siempre es la tecnología de automatización y robotización más avanzada. Hay que analizar con cuidado en cada caso, una cantidad de factores para llegar a la decisión más acertada. Las cantidades a producir, las características técnicas de los productos, la disponibilidad de capital de inversión, la flexibilidad requerida, para que la tecnología seleccionada adquiera el rendimiento adecuado en cuanto a la eficiencia y la eficacia de su funcionamiento. En muchos casos, un brusco salto hacia las altas tecnologías, sin que los procesos y los hombres estén preparados, ha creado más problemas que los que ha resuelto.

Un buen camino consiste en analizar qué tareas crean valores agregados y cuáles no. Las que no aportan valor agregado deben ser suprimidas y si esto no es posible, simplificadas mediante tecnologías simples o automatizaciones de bajo costo ([Arnoletto, 2007](#)).

Los equipos de laboratorio son tecnologías de gran importancia para los Centros de Investigaciones que lo utilizan, ya que posibilitan los experimentos, los controles de procesos y los controles de calidad. Medidores electrónicos o aparatos de vacío son las herramientas de trabajo más importantes en la tecnología de laboratorios ([García, 2018](#)). El sector científico de los equipos de laboratorio sería impensable sin estos equipos. Aparatos de análisis de alta calidad, equipos de investigación o dispositivos de laboratorio han sido desarrollados para el uso profesional y especialmente para la tecnología de laboratorio ([Rodríguez & Cárcel, 2013](#)).

En los últimos años el país ha invertido millones de pesos en importaciones de equipos de laboratorios en función de las investigaciones y en los servicios científicos y técnicos que desarrolla. Para este tipo de inversión el país había planificado obtener un rendimiento favorable al cabo de los años de explotación del equipamiento adquirido. En la actualidad se ha demostrado que el rendimiento de estos equipos en muchas empresas no se ha comportado de acuerdo al rendimiento esperado.

La política de adquisición actual deja de satisfacer muchas solicitudes de servicios científicos y técnicos anuales, debido a un déficit de disponibilidad de equipos instalados en los laboratorios investigativos. Consecuentemente, esta insatisfacción genera un costo de oportunidades por concepto de la no realización de los análisis analíticos y servicios planificados, con énfasis en aquellos que aportan las mayores utilidades a los Centros Investigativos. Además, se ha confirmado que las inversiones realizadas no han estado basadas en la obtención de la mayor rentabilidad, generando costos de oportunidades por la no ejecución de la mejor opción de inversión esperada, derivándose la misma del proceso de selección de equipos de laboratorios importados que se viene ejecutando en varios Centro de Investigación del país durante los últimos años.

**El problema científico** consiste en la interrogante que sigue: ¿Cómo contribuir al aumento de la disponibilidad de los equipos de laboratorio en los laboratorios de investigaciones del país para incidir en la disminución de los costos totales de oportunidad y al aumento de las utilidades que se generan por el desarrollo de los análisis y servicios científicos?

Para dar respuesta al problema científico y en correspondencia con la idea a defender se traza como **Objetivo general del trabajo:** *la concepción de una metodología para la selección de equipos de importación apoyado en la modelación matemática con enfoque multicriterio*, que contribuya al aumento de los equipos de laboratorios, a una disminución de los costos de oportunidad y a obtener mayores utilidades.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales utilizados fueron el proceso actual de selección de equipos de laboratorios aplicado en el CIPIMM y los registros de los equipos de laboratorios adquiridos en los últimos 10 años en el Centro.

Los principales métodos utilizados fueron el Lenguaje de Business Process Management ([Schmal, López, Cabrales, & Acuña](#)) para la modelación del procedimiento diseñado, el análisis multicriterio con el método de Jerarquía ([Mendoza, Ospino, & Romero](#)) y el método PRESS, aplicado a la selección de los tipos de equipamientos a adquirir, para establecer características técnicas necesarias como criterios de evaluación, la optimización lineal y entera con el método de Ramificación y Acotación para la solución del modelo matemático diseñado y el Software Solver-Pro para aplicar el método de ramificación y acotación.

### **Diseño de la metodología para la selección adecuada de equipos de laboratorios apoyado en una tecnología cuantitativa con enfoque multicriterio**

En la presente etapa se diseña la metodología adecuada a la selección de equipos de laboratorios que se requieren importar en un Centro de Investigaciones, teniendo en cuenta las deficiencias detectadas en el diagnóstico del procedimiento actual y la aplicación de la

modelación matemática y el enfoque multicriterio como nuevas herramientas de selección.

### **Identificación de los elementos que deben conformar la metodología para la selección de equipos de laboratorios a importar**

1. Crear grupo de profesionales idóneos para seleccionar los equipos
2. Evaluar y definir necesidades de la empresa
3. Definir el equipamiento necesario
4. Justificar el equipamiento solicitado
5. Definir características técnicas y el equipamiento a adquirir
6. Precisar necesidades de calibración
7. Precisarlos requisitos de instalación y verificar su cumplimiento
8. Detallar necesidades de instalación, prueba inicial y capacitación de personal
9. Comprobar el costo de los equipos con el presupuesto aprobado
10. Analizar ofertas frente a especificaciones técnicas
11. Determinar precios de adquisición
12. Seleccionar y evaluar a los proveedores mediante modelación matemática

### **Actividades de la metodología de selección de equipos de laboratorios**

- 1) Crear grupo de profesionales idóneos para seleccionar los equipos

En esta actividad se debe crear un grupo de trabajo constituidos por profesionales que estén vinculados en las funciones necesarias para efectuar la selección de los equipos. El grupo debe estar constituido por:

- Especialista de las áreas de investigaciones y caracterización de materiales vinculados directamente a la explotación de los equipos que se requieren importar.
- Especialista en inversiones.
- Especialistas en el área Económica que decidan sobre la mejor opción de equipamiento, respecto al rendimiento económico para el Centro y el presupuesto aprobado.

- Especialistas del área de Recursos Humanos para valorar si el Centro cuenta con personal capacitado para operar este equipamiento y para brindarle mantenimiento, o si es necesario decidir sobre una capacitación o un entrenamiento para realizar estas actividades.
- Especialistas del área de mantenimiento para definir los tipos y cantidades de mantenimientos que requieren estos equipos y los medios de consumos necesarios para realizar estas actividades.
- Especialista en metrología para precisar qué se necesita para calibrar los equipos y para validar que estén funcionando correctamente.
- Especialistas del área logística para determinar el ciclo logístico de estas importaciones y establecer un plan logístico de los bienes de consumos necesarios para operar los equipos y brindarles mantenimientos.

Después de la institución del grupo de trabajo se debe guardar en la base de datos los representantes del equipo y las funciones que realiza cada cual y estos datos deben quedar registrados en una planilla como formato (Ver [anexo 1](#)).

#### 2) Evaluar y definir necesidades de la empresa

En esta actividad se debe evaluar todas las problemáticas que presenta la empresa y posteriormente definir si estas problemáticas son resueltas con la adquisición de nuevos equipamientos para los laboratorios.

Para esta actividad es necesario que se le entregue al grupo de trabajo el informe de bancos de problemas que existe en la empresa y partir de esta actividad se deben guardar en la base de datos, las necesidades evaluadas en ese instante y registrarla mediante un informe (Ver [anexo 1](#)).

#### 3) Definir el equipamiento necesario

Es necesario definir los tipos de equipamientos que son precisos para satisfacer las necesidades presentes en el Centro. Para esto se identifican las funciones, el alcance y las condiciones de trabajo de los equipos y se verifican con las nuevas capacidades o nuevos servicios que requiera la empresa y para comprobar que, con los equipos definidos, se pueden alcanzar las satisfacciones de las insuficiencias presentes.

Para realizar esta actividad se necesita como entrada el informe de necesidades evaluadas para poder definir el equipamiento necesario que satisfaga estas necesidades y posteriormente se lleven a la base de datos, los equipamientos que fueron definidos en ese instante y se registren mediante un informe de equipos definidos (Ver [anexo 1](#)).

#### 4) Justificar el equipamiento solicitado

Después de evaluar y definir el equipamiento necesario para la empresa, se debe justificar el equipamiento seleccionado, donde se demuestre que el equipamiento solicitado, no existe en la empresa, o no en las cantidades suficientes, o no está disponible en otras empresas del Grupo Empresarial y del Ministerio o del sector investigativo en general, que puedan brindar estos servicios sin tener que ejecutar la empresa, una importación para poder adquirirlos.

Para la ejecución de esta actividad es necesario analizar cómo entrada, el informe de equipamientos definidos para evaluar la existencia de estos en el Centro o en el sector en general y montar en la base de datos, la fundamentación de la relación de los equipos solicitados y la no existencia de estos en el Centro y registrarlos mediante un informe, para que posteriormente, estos equipos, sean aprobados por las instancias superiores (Ver [anexo 1](#)).

#### 5) Definir características técnicas y el equipamiento a adquirir

Posterior a la determinación de los tipos de equipamientos necesarios para satisfacer las necesidades demandadas por la empresa, se deben definir las características técnicas específicas para cada equipo en dependencia del alcance de los servicios que pretende realizar el Centro de Investigaciones.

Se debe describir y detallar todos los nuevos servicios que se desean realizar y las capacidades de servicios que se requieren aumentar y definir las características técnicas necesarias que debe poseer cada equipamiento para poder satisfacer las insuficiencias demandadas.

También se debe comprobar que el equipo adquiera la posibilidad de soporte técnico, período de garantía, tiempo de entrega y

documentación necesaria para operar y realizar mantenimientos.

Estas características técnicas deben formar parte de una serie de criterios necesarios para definir el equipamiento a adquirir y además se deben agregar otros requisitos independientes a las especificaciones técnicas que pueden ser importantes para la evaluación general del tipo de equipamiento a obtener.

Después se debe realizar un estudio del mercado de los equipos necesitados y ejecutar una selección mediante una tecnología cuántica de enfoque multicriterio, que consiste en seleccionar una serie de criterios adecuados para la elección de los equipos y evaluarlos mediante puntuaciones que va a ser concebida por el grupo de expertos seleccionados.

El Análisis de Decisión Multicriterio, se define como “un término paraguas para describir una colección de propuestas formales que buscan explícitamente tener en cuenta múltiples criterios para ayudar a las personas o grupos a explorar decisiones complejas. Las decisiones son complejas cuando el nivel de conflicto entre criterios, o el conflicto entre agentes implicados respecto a qué criterios son relevantes y a la importancia de los diferentes criterios, asume tal magnitud que la toma de decisiones intuitiva no es satisfactoria.

Para realizar esta actividad es necesario analizar como entradas el informe de necesidades evaluadas a solucionar, el informe del equipamiento definido y el informe de la fundamentación del equipamiento solicitado para poder definir las características de los equipos que van a satisfacer las necesidades del Centro y poder evaluar los proveedores presentes en el mercado, mediante la evaluación de los criterios seleccionados como características necesarias para la adquisición de los equipos.

Después de este análisis se deben montar en la base de datos los tipos de equipamientos a adquirir y las características técnicas de cada uno y registrarlos mediante un informe (Ver [anexo 1](#)).

#### 6) Precisar necesidades de calibración

En la selección del equipamiento de laboratorio se debe precisar, qué se necesita para

poder calibrar los equipos, qué procedimientos se deben establecer para esta calibración y qué organismo nacional o internacional puede certificar periódicamente la validación de que los equipos de medición estén funcionando correctamente.

Antes de efectuar esta actividad es necesario analizar cómo entradas, el informe de equipamientos seleccionados y el informe de características técnicas necesarias para cada equipo para poder definir las necesidades de calibración y montarlas en una base de datos y establecer un registro mediante un informe (Ver [anexo 1](#)).

#### 7) Precisar los requisitos de instalación

Antes de la ejecución de las importaciones de los equipos de laboratorios el equipo de trabajo debe precisar cuáles son los requisitos de instalación necesarios para la operación de los equipos y que accesorios y consumibles necesita para ejecutar la instalación y puesta en marcha. Entre los requisitos de instalación más importantes se encuentran:

- Condiciones estructurales del local para la colocación de los equipos, en cuanto a dimensiones y seguridad de protección para los equipos.
- Condiciones ambientales (% de humedad relativa, temperatura, vibraciones, ruido, iluminación, nivel de polvo)
- Instalaciones eléctricas necesarias.
- Instalaciones de gases necesarias.
- Instalaciones de extracciones necesarias.
- Mobiliarios necesarios.
- Sistemas de comunicaciones e informáticos necesarios.

Para realizar esta actividad es necesario analizar cómo entradas, el informe de características técnicas necesarias para cada equipo, el informe de precisión de necesidades de calibración de los equipos y los requisitos de instalaciones establecidos por los proveedores para poder definir los requisitos de instalaciones y montarlas en una base de datos y establecer un registro mediante un informe (Ver [anexo 1](#)).

8) Comprobar si la empresa cumple los requisitos de instalación

En esta actividad el grupo de trabajo debe comprobar si la empresa cumple con los requisitos de instalaciones necesarios para los equipos en los que generalmente aparecen:

- Cumplimiento de las condiciones estructurales del local para la colocación de los equipos, en cuanto a dimensiones y seguridad de protección para los equipos.
- Cumplimiento de condiciones ambientales (% de humedad relativa, temperatura, vibraciones, ruido, iluminación, nivel de polvo)
- Cumplimiento instalaciones eléctricas necesarias.
- Cumplimiento de instalaciones de gases necesarias.
- Cumplimiento de instalaciones de extracciones necesarias.
- Cumplimiento de mobiliarios necesarios.
- Cumplimiento de sistemas de comunicaciones e informáticos necesarios.

9) Detallar necesidades de instalación, prueba inicial y capacitación de personal

Después de determinar las características técnicas del equipamiento a adquirir y precisar los requisitos de instalaciones y la provisión de accesorios y consumibles necesarios, se debe detallar si es preciso contratarle al proveedor del equipamiento, la instalación y pruebas iniciales del funcionamiento de la tecnología y precisar si es preciso capacitar al personal que va a operar y mantener el equipamiento. Estas acciones generalmente se realizan cuando la empresa o el país no cuentan con el personal capacitados para instalar los equipos demandados o para operarlos. Es importante realizar la capacitación al personal que realmente va a operar los equipamientos y a los técnicos que van a ejecutar los mantenimientos.

Es necesario para la ejecución de esta actividad analizar cómo entrará, el informe sobre el cumplimiento de los requisitos de instalaciones de los equipos para poder detallar las necesidades de instalaciones, las pruebas iniciales que son necesarias realizar y qué capacitaciones se debe

ofrecer y a qué personal se le debe impartir. Estas acciones deben ser llevadas a una base de datos y registradas a través de un informe (Ver [anexo 1](#)).

10) Definir las prioridades de equipamientos de la empresa

Las prioridades de equipamiento se definen a partir del valor generado por los equipos, o por la necesidad de ejecutar un proyecto o servicio específico y es necesario utilizar el equipamiento solicitado o por la carencia total de un equipo específico que limita un gran por ciento de las operaciones del Centro (Ver [anexo 1](#)).

11) Selección del equipamiento a adquirir, ajustado al presupuesto aprobado, mediante modelación matemática.

Después de definir las cantidades necesaria de equipamientos a importar, como plan de desarrollo del Centro, el Grupo Empresarial no siempre aprueba el presupuesto necesario para importar las cantidades de equipamientos solicitadas. Por tal razón se debe realizar una selección específica y comprobar que el precio total de los equipos esté en correspondencia con el presupuesto aprobado.

Es necesario analizar ofertar de proveedores sobre los equipos que se están solicitando, para estimar un precio y poder evaluarlo, en dependencia de las prioridades del Centro. La prioridad del Centro casi siempre está orientada a obtener la mayor cantidad posible de utilidades con los equipos a adquirir. Para esto es necesario determinar las utilidades anuales que genera cada equipo para establecer mediante modelación matemática, una función objetivo que sea maximizar la mayor cantidad de ganancias posible a obtener. Posteriormente se deben efectuar restricciones llevadas al lenguaje matemático, donde quede restringido la cantidad de presupuesto aprobado por el Grupo Empresarial, la demanda a satisfacer y otras restricciones que puedan formar parte del modelo matemático a diseñar, para poder alcanzar una solución adecuada del equipamiento que se pretende importar para el Centro.

Para la ejecución de esta actividad es necesario que entren al proceso, pre-ofertas de equipos por varios proveedores para poder estimar el precio promedio y poder diseñar el modelo matemático

y encontrar una solución adecuada para los equipos a adquirir en el mercado. Posteriormente se debe acoplar en una base de datos estos equipos seleccionados junto al modelo matemático diseñado y registrarlos mediante un informe (Ver [anexo 1](#)).

#### 12) Analizar ofertas frente a especificaciones técnicas

En esta actividad se debe realizar un análisis detallado de las ofertas recibidas por los proveedores y compararlas con las condiciones técnicas exigidas para el equipamiento solicitado. Para efectuar este paso es necesario que, entre nuevamente al proceso, el informe de equipos solicitados, las características técnicas, las precisiones de necesidades calibración y los equipos seleccionados como base para ejecutar la evaluación de las ofertas.

Posteriormente se debe realizar un dictamen técnico de cada oferta que debe estar acoplado en una base de datos y registrado a través de un informe (Ver [anexo 1](#)).

#### 13) Determinar precios de adquisición

Posterior a la evaluación técnica de las ofertas se deben determinar todos los precios ofertados por los proveedores y adjuntarlos en una base de datos y crear un informe de registro (Ver [anexo 1](#)).

#### 14) Seleccionar y evaluar a los proveedores mediante modelación matemática

Con la entrada al proceso de todos los precios ofrecidos por los proveedores, se definen además los descuentos que estos ofrecen por contratarles un monto determinados y es llevado al modelo matemático diseñado, actualizando los precios actuales por cada proveedor y creando restricciones referentes a los descuentos ofrecidos por cada uno de ellos en dependencia a la cantidad de dinero a contratar.

Después se le debe dar solución al modelo mediante el método de Ramificación y Acotación y debe quedar definido el valor final de los equipos y a qué proveedores les van a ser contratados. Esta selección final debe ser adjuntada a una base de datos y registrada mediante un informe (Ver [anexo 1](#)).

Con la aplicación de la metodología de selección de equipos de laboratorios diseñado, se reducen costos de oportunidades generados en los centros de investigaciones, por no cumplir con las demandas de solicitudes de servicios científicos presentadas por los clientes, que no se realizan por no disponer de la operación de parte del equipamiento importado en el laboratorio, como consecuencia del modo de selección de los mismo, que no fue realizado en función de los servicios, requisitos de instalaciones y las condiciones de las muestras de análisis que son recibidas por el centro en cuestión.

Además, se reducen otros costos de oportunidades, generados por seleccionar equipos de laboratorios que no son los más idóneos, ni más rentables para la entidad y por no ejecutar la mejor opción de equipos que garantice la mayor obtención de utilidades para la empresa.

## CONCLUSIONES

1. Se diseñó una metodología para la selección de equipos de laboratorios a importar donde se aplican herramientas cuánticas como la modelación matemática y el enfoque multicriterio.
2. Con la aplicación de la metodología diseñada se reducen costos de oportunidades, generados por los métodos de selección de equipos de laboratorios, aplicados actualmente en los algunos Centros de Investigaciones del país.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar la metodología diseñada en las empresas que importan equipos de laboratorios en el país.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arnoletto, E. J. 2007. Selección de la tecnología adecuada; gestión de la innovación tecnológica.
- Bedini, C. Esteve, P.; García, B. & Gasalla, H. 2018. Criterios para la selección de un modelo de automatización del laboratorio, Vol. Fase 3, Versión 2: Sociedad Española de Bioquímica Clínica y Patología Molecular:
- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica. 2017. Concurso de Equipamiento Científico y Tecnológico Mediano Fondecip

Chile: Investigaciones científicas y tecnológicas, 33p.

Espinosa, M. P. 2015. "Selección y Mantenimiento del Equipo de Laboratorio". Primer Congreso Internacional para la acreditación de laboratorios clínicos, bancos de sangre, células progenitoras, hematopoyéticas.

García, D. E. G. 2018. Criterios de selección de equipamiento. *Educación*. Retrieved Equipo de laboratorio clínico. Available: </PDF/4007447527/ Criterios de selección de equipamiento.htm> ,[Consulted: June 1, 2021].

Huidobro, V. 2019. ¿Cómo elegir el equipo de medición correcto para un laboratorio clínico? , Available: < <https://elcrisol.com.mx/elegir-equipo-medicion-correcto-laboratorio-clinico/>> , [Consulted: June 1, 2021].

Lugo, G. 2006. La importancia de los laboratorios.

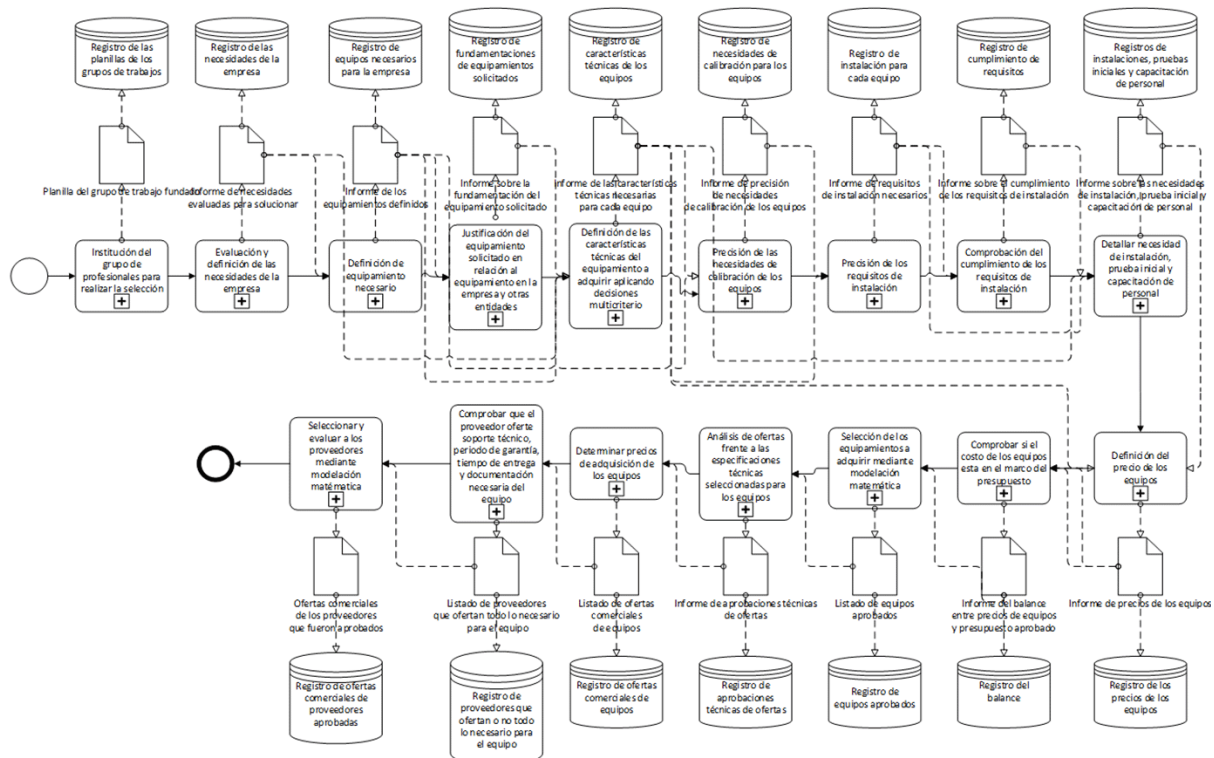
Mendoza, A. A. M.; Ospino, W. A. C. & Romero, D. S. M. 2016. "Applying LP-GW-AHP Decision-Making Methods and Fuzzy Logic to Select an Elective Course in the University of the Atlántico", *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, Colombia, 48: 351-364.

Rodríguez, M. M., & Cárcel, F. J. C. 2013. "Considerations for the design of laboratories in the chemical industry", *Ciencias y tecnologías*, 13.

Schmal, R.; López, S.;Cabrales, F. & Acuña, D. 2010. Modelado de Procesos de Negocio para la Gestión de Patentes en Universidades *Información Tecnológica*, 21(6):113-124. doi: [10.1612/inf.tecnol.4389it.09](https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.4389it.09)

Silvero, M. 2016. Fortalecimiento del equipamiento tecnológico de investigación de Paraguay. Paper presented at the 1, CONACY.

**Anexos**



**Anexo 1.** Modelo de la metodología de selección de equipos de laboratorios en lenguaje BPM

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.  
 Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)