

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE EXCELENCIA OPERACIONAL QUE PERMITA
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LOS PROCESOS DEL LABORATORIO DE
ANÁLISIS QUÍMICOS DEL CENTRO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión del
Programa de Posgrado en Ingeniería Industrial para optar al grado y título de Maestría
Profesional en Ingeniería Industrial con énfasis en manufactura y calidad

JESSIE USAGA BARRIENTOS

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2025

DEDICATORIA

A Nicolás

Por recordarme lo poco que sé y lo mucho que aún puedo aprender.
Por llenarme de ilusión para completar pendientes y con eso dejar el camino libre para
dedicarme a explorar un mundo con él.
Por enseñarme, desde el día de su llegada, lo fuerte, dedicada y decidida que puedo ser.
Por amarme sin límites y con ese amor impulsarme a crecer.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la fuente de lo esencial, a un Dios proveedor de vida, salud y fuerza, guía y compañía en cada uno de los pasos de mi vida.

A quien nunca se cansa de prender velitas por mí, a la primera en creer en mis capacidades y quien con amor me ha dado todas las herramientas para ser la persona que soy, a mi mamá, ejemplo de dedicación, trabajo y generosidad que se refleja en cada uno de mis logros.

A Oscar, por su gran amor y por el apoyo incondicional en todos mis proyectos, quien no cuestiona mis metas y me motiva y empuja para seguir creciendo.

A Ana María, amiga regalo del cielo que ha sido un gran apoyo en momentos retadores. Quien me recordaba con frecuencia la razón por la empecé este posgrado y no se cansó de motivarme a concluir esta etapa.

A la Universidad de Costa Rica, casa de enseñanza con la que estaré infinitamente agradecida por todo lo que me ha dado, una educación de grado y posgrado de excelencia, un trabajo privilegiado e incluso una familia.

Al CITA y en especial a los colaboradores del laboratorio de química, por permitirme desarrollar este proyecto y aprender de su dedicación y esmero, su labor y huella es digna de orgullo para la Universidad. Agradezco especialmente a Carolina Cortés y Graciela Artavia, por la apertura y el apoyo en este proceso.

A los docentes que me apoyaron en este proyecto, en especial al MSc. Marco Monge Vílchez por aceptar el rol de tutor y así permitirme aspirar a concluir esta etapa académica y al MSc. Fernán Cañas Coto por todas sus enseñanzas no solo en el desarrollo de este proyecto sino desde el inicio de esta maestría.

Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Posgrado en Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Ingeniería Industrial.

Dr. Eldon Caldwell Marín
**Representante de la Decana
Sistema de Estudios de Posgrado**

Mag. Marco Monge Vílchez
Profesor Guía

MSc. Carolina Cortés Herrera
Lectora

Mag. Fernán Cañas Coto
Lector

Dra. Johanna Méndez Arias
**Representante del Director del
Programa de Posgrado en Ingeniería Industrial**

Jessie Usaga Barrientos
Sustentante

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
TABLA DE CONTENIDO	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xiii
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA Y SU IMPORTANCIA.....	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	13
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	30
CAPÍTULO IV. DESARROLLO Y RESULTADOS	33
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y LECCIONES APRENDIDAS	110
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118

RESUMEN

El Laboratorio de Análisis Químicos de Alimentos del CITA-UCR experimentó entre 2019 y 2023 un aumento del 12% en la demanda de servicios y una tasa de incumplimiento en la entrega de informes del 12,5%. Para mejorar la satisfacción del cliente y la productividad, se propone implementar un sistema de excelencia operacional (OPEX) que promueva la mejora continua, la reducción de desperdicios y la estandarización de procesos, apoyándose en herramientas tradicionales de gestión y en tecnologías como la digitalización y automatización.

En la primera etapa del estudio se diagnosticó la situación actual, analizando indicadores de productividad y entrevistas con personal técnico y gerencial. Se encontró un promedio histórico de 29 ± 37 días para la entrega de informes, y en los paquetes de análisis proximal, un tiempo real de $18 \pm 12,5$ días frente a los 9 días teóricos, lo que refleja alta variabilidad (nivel Sigma 0,32). Las principales causas de atraso incluyen la falta de planificación estandarizada, ausencia de indicadores de predicción, desafíos en la gestión del recurso humano y oportunidades de mejora en mantenimiento y automatización. El laboratorio alcanza más del 70% de cumplimiento en mantenimiento y calidad, pero requiere fortalecer las áreas de planificación y dirección.

En la segunda etapa se desarrolló la propuesta del sistema OPEX, enfocada en las áreas críticas identificadas. Se diseñó un proceso mejorado para la oferta de servicios de análisis proximal, se definieron nuevos indicadores de productividad y registros de seguimiento, y se propusieron herramientas para fomentar la participación del personal, la planificación estratégica y la capacitación.

En la tercera etapa se validó la utilidad del *focus group* para incorporar la voz de los colaboradores en los proyectos de mejora continua, demostrando reducciones teóricas en los tiempos de entrega entre 11% y 39%. El análisis de brechas con las normas ya implementadas mostró que el laboratorio está cerca de cumplir con los requisitos del sistema OPEX, recomendándose adoptar una filosofía de mejora continua basada en *Lean Thinking* y *Lean Six Sigma*.

Los resultados confirman la necesidad y viabilidad del sistema OPEX para aumentar la productividad y satisfacción de los clientes del laboratorio. Además, el modelo propuesto es adaptable a otros laboratorios de análisis de alimentos, microbiológicos o sensoriales, e incluso a industrias farmacéuticas o de dispositivos médicos, constituyendo una base para la implementación de excelencia operacional en entornos analíticos especializados.

ABSTRACT

Between 2019 and 2023, the Food Chemical Analysis Laboratory of CITA-UCR experienced a 12% increase in service demand and a 12.5% rate of non-compliance with report delivery times. To enhance customer satisfaction and productivity, the implementation of an Operational Excellence (OPEX) system is proposed to promote continuous improvement, waste reduction, and process standardization, supported by traditional management tools and new technologies such as digitalization and automation.

In the first stage of the study, the current situation was assessed by analyzing productivity indicators and conducting interviews with technical and managerial staff. The historical average delivery time was 29 ± 37 days, and for proximate analysis packages, the actual time was 18 ± 12.5 days compared to the theoretical 9 days, showing high variability (Sigma level 0.32). The main causes of delay included the lack of standardized planning, absence of predictive indicators, challenges in human resource management, and improvement opportunities related to maintenance and automation. The laboratory achieves over 70% compliance in maintenance and quality management but needs to strengthen planning and leadership areas.

During the second stage, the OPEX system proposal was developed, focusing on the critical areas identified. A redesigned process for proximate analysis services was created, along with new productivity indicators and monitoring records. Tools were also proposed to promote staff participation, strategic planning, and training.

In the third stage, the use of a focus group was validated as an effective tool to incorporate employee input into continuous improvement projects, achieving theoretical reductions in delivery times ranging from 11% to 39%. The gap analysis with existing laboratory standards showed that the lab is close to meeting OPEX requirements, with recommendations to adopt a continuous improvement philosophy based on *Lean Thinking* and *Lean Six Sigma*.

The results confirm the need and feasibility of implementing an OPEX system to improve productivity and customer satisfaction. Moreover, the proposed model is adaptable to other food analysis, microbiological, or sensory laboratories, as well as to pharmaceutical and medical device industries, serving as a foundation for implementing operational excellence in specialized analytical environments.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Beneficios de la implementación de OEMS en una organización.....	24
Tabla 2. Categorías de metodologías de excelencia organizacional.....	25
Tabla 3. Ejemplos del impacto de la implementación de OPEX en el sector servicios.	27
Tabla 4. Dimensiones facilitadoras de OPEX reportados en la literatura.....	29
Tabla 5. Metodología instrumental para la ejecución de la investigación.....	31
Tabla 6. Diagrama de Gantt para la ejecución de la presente investigación.....	32
Tabla 7. Distribución de responsabilidades en el laboratorio de análisis químicos del CITA para los servicios de análisis proximal de alimentos.	44
Tabla 8. Capacidad de los equipos requeridos para la oferta de un análisis proximal de alimentos.....	45
Tabla 9. Valor promedio en el tiempo de entrega de informes de análisis proximal de alimentos ejecutados por el laboratorio de química del CITA en el periodo 2017-2014.	52
Tabla 10. Valor promedio en el tiempo de entrega de informes de análisis proximal de alimentos ejecutados por el laboratorio de química del CITA en el periodo 2017-2024 según el número de análisis realizado por muestra.	54
Tabla 12. Objetivo, indicador y meta desarrollados para el sistema de excelencia operacional del CITA.	87
Tabla 13. Metodologías más utilizadas para la mejora de la calidad y su contraste con OPEX.	93
Tabla 14. Temas de capacitación, alineados a la implementación del sistema OPEX, sugeridos para el personal del laboratorio.	96
Tabla 15. Esquema ilustrativo de programación de la producción de análisis proximales, priorizando el servicio de mayor solicitud por clientes externos del laboratorio.	101
Tabla 16. Contraste del modelo OPEX con los requisitos de las normas ISO 17025:2017 y 9001:2015.	103
Tabla 17. Cumplimiento en el tiempo de entrega de informes de análisis proximal de alimentos ejecutados en el año 2023 según el número de análisis realizado y tipo de muestra.	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama general del CITA.....	3
Figura 2. Evolución de los sistemas de gestión a través del tiempo.....	20
Figura 3. Componentes de la excelencia operacional.....	21
Figura 4. Pasos para la implementación de un sistema de gestión de excelencia operacional.	22
Figura 5. Disciplinas de operaciones unidas y estados para la implementación de OPEX. .	22
Figura 6. Criterios de selección para el Premio a la excelencia King Abdullah II en Jordán.	23
Figura 7. Fases de la excelencia operacional durante la implementación de OEMS.	23
Figura 8. Proceso de oferta de los servicios de análisis químicos ofrecidos por el laboratorio de análisis de alimentos del CITA.	35
Figura 9. Descripción del proceso de ejecución de un análisis proximal de alimentos en el CITA.	38
Figura 10. Interfaz en el sistema SIA-CITA para el ingreso de una solicitud de análisis. ...	39
Figura 11. Interfaz del sistema SIA-CITA utilizado por los analistas del laboratorio.	40
Figura 12. Ejemplo de la interfaz del sistema SIA-CITA utilizado por analistas del laboratorio para conocer el estado de un análisis asignado.....	40
Figura 13. Ejemplo de la interfaz del sistema SIA-CITA utilizado por analistas del laboratorio para reporte de resultados.	41
Figura 14. Ejemplo de la interfaz del sistema SIA-CITA utilizado por Gerencia y Subgerencia técnica del laboratorio para reporte de resultados.	42
Figura 15. Ejemplo de la interfase del sistema SIA-CITA utilizado por Gerencia y Subgerencia técnica del laboratorio para generación de informe de resultados.....	42
Figura 16. Ejemplo de la interfaz del sistema SIA-CITA utilizado por Gerencia y Subgerencia técnica del laboratorio para conocer todas las acciones vinculadas a una OT.	43
Figura 17. Resumen de indicadores vinculados al volumen de solicitudes de clientes externos del laboratorio de análisis químicos del CITA recibidas del 2018 al 2023.	47
Figura 18. Porcentaje promedio de entrega a tiempo de informes de resultados de los servicios externos realizados por el laboratorio de análisis químicos del CITA.	48

Figura 19. Distribución de tiempos de entrega de informes de análisis proximales de alimentos realizados por el laboratorio de química del CITA desde el año 2017 hasta el 2024.	49
Figura 20. Gráfico de caja para muestras los días hábiles promedio requeridos para la entrega de informes del laboratorio en el periodo 2017-2014, con un nivel de confianza del 95% y una desviación estándar de 12,5 días.	50
Figura 21. Diagrama de Ishikawa con factores que influyen en la entrega tardía de un informe de resultados para servicios ofrecidos por el laboratorio de química del CITA.	55
Figura 22. Grado de cumplimiento actual del laboratorio del CITA de las dimensiones habilitadoras de un sistema OPEX.	58
Figura 23. Grado de cumplimiento del laboratorio de química del CITA de la dimensión de mantenimiento y sistema de gestión de calidad para la implementación de un sistema OPEX. A) Mantenimiento preventivo; B) Evaluación y uso de la tecnología; C) Gestión de procesos; D) Estandarización y simplificación.	59
Figura 24. Grado de cumplimiento del laboratorio de química del CITA de la dimensión de planificación y dirección para la implementación de un sistema OPEX. A) Reducción y tiempo de preparación; B) Enfoque de “jalado”; C) Optimización del diseño del laboratorio; D) Adherencia a la planificación.	60
Figura 25. Grado de cumplimiento del laboratorio de química del CITA de la dimensión de sistema de gestión para la implementación de un sistema OPEX. A) Compromiso de gestión y cultura empresarial; B) Involucramiento del personal y mejora continua C) Integración y calificación funciona.	61
Figura 26. Asistente virtual para atención de clientes externos del laboratorio de análisis químicos del CITA.	74
Figura 27. Componente del sistema Kahuna utilizado en el CITA para la gestión de la documentación del sistema de gestión de la calidad.	78
Figura 28. Ejemplo de <i>dashboard</i> diseñado con Power BI para el monitoreo del sistema de excelencia operacional del CITA.	79
Figura 29. Proceso DSR aplicado al desarrollo de un sistema OPEX en el laboratorio.	82
Figura 30. Propuesta de modelo OPEX para un laboratorio de análisis químico de alimentos.	83

Figura 31. Análisis del propósito, aspiración y política de calidad del CITA a la luz de la adopción de un sistema OPEX.	86
Figura 32. Sesión de <i>focus group</i> realizada con personal del laboratorio del CITA para validar el uso de esta herramienta como estrategia de incorporación de la voz de los colaboradores en los proyectos de mejora continua.....	88
Figura 33. Proceso para la ejecución de análisis proximales de alimentos en el laboratorio del CITA incorporando recomendaciones de los analistas.....	89
Figura 34. Registro generado para calcular el indicador “porcentaje de ensayos ejecutados del total de ensayos asignados por analista”.....	91
Figura 35. Registro para el indicador de producción basado en el porcentaje de análisis realizados del total programados por analista, por semana y por mes.....	92
Figura 36. Registro para la toma de tiempos asociados a la ejecución de los análisis en el laboratorio de química del CITA.	99
Figura 37. Registro generado para la documentación de la programación semanal.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS

CITA: Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería

OPEX: Excelencia operacional (por sus siglas en inglés)

OEMS: Sistema de gestión de excelencia operacional (por sus siglas en inglés)

POT: propuesta de orden de trabajo

QFD: *Quality Function Deployment*

TQM: *Total Quality Management*

UCR: Universidad de Costa Rica

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA Y SU IMPORTANCIA

1.1 Marco de referencia organizacional

1.1.1 Definición

El Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) es una unidad de carácter interdisciplinario, dedicada a la investigación, la formación de recursos humanos y la asistencia científica y tecnológica del sector productivo agroindustrial alimentario (CITA, 2024a)

1.1.2 Propósito

Desarrollar y transferir conocimiento en ciencia y tecnología de alimentos, a través de una vinculación efectiva con el sector agroalimentario y en procura de impactar positivamente a la población y al ambiente, mediante procesos y proyectos enfocados hacia la innovación y mejora continua (CITA, 2024a).

1.1.3 Aspiración

Ser un centro de investigación de referencia en el ámbito de la ciencia y la tecnología de alimentos, que se anticipa a las necesidades del sector agroalimentario y de la sociedad en general (CITA, 2024a).

1.1.4 Valores

Los valores del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos corresponden a: excelencia, diligencia, adaptabilidad, responsabilidad y transparencia (CITA, 2024a).

1.1.5 Política de calidad

Dinamizamos el sector agropecuario generando conocimiento y vínculos que permitan descubrir oportunidades e impulsar soluciones mediante procesos efectivos y una conducción estratégica; con colaboradores competentes, íntegros y comprometidos con la mejora continua y el ambiente (CITA, 2024a).

1.1.6 Objetivos estratégicos y objetivos de calidad

En el **plan estratégico** vigente del CITA (2022-2025) sobresale los siguientes objetivos estratégicos vinculados a la presente investigación (CITA, 2024a):

Objetivo Estratégico 3. Optimización institucional

Evaluar las condiciones organizacionales y operativas actuales e históricas en el CITA, de forma que se establezcan cambios relacionados con la conformación de los procesos y **laboratorios**, alcance del sistema de gestión de calidad, sistema de control interno, infraestructura (instalaciones y equipamiento), ejecución presupuestaria, **gestión del recurso humano y planeación estratégica**, en función de la normativa institucional y procurando mejoras en aspectos relacionados con la **eficiencia y eficacia operativa**.

Objetivo Estratégico 4. Mejora de condiciones

Valorar el estado actual de las condiciones operativas del personal del CITA, relacionadas con aspectos de competencia, motivación, recursos e infraestructura, en procura del desarrollo de estrategias que promuevan el bienestar de las personas y conduzcan a una mejora en su desempeño y un aumento en su productividad.

Asimismo, el laboratorio de análisis químicos del CITA cuenta con los siguientes objetivos de calidad vinculados al presente proyecto (CITA, 2024a):

1. Automatizar y optimizar el análisis de rutina del Laboratorio de Química para enfrentar el incremento de la demanda de solicitudes hacia el proceso.
2. Disminuir el tiempo de entrega de los informes de resultados de ensayos de aptitud.

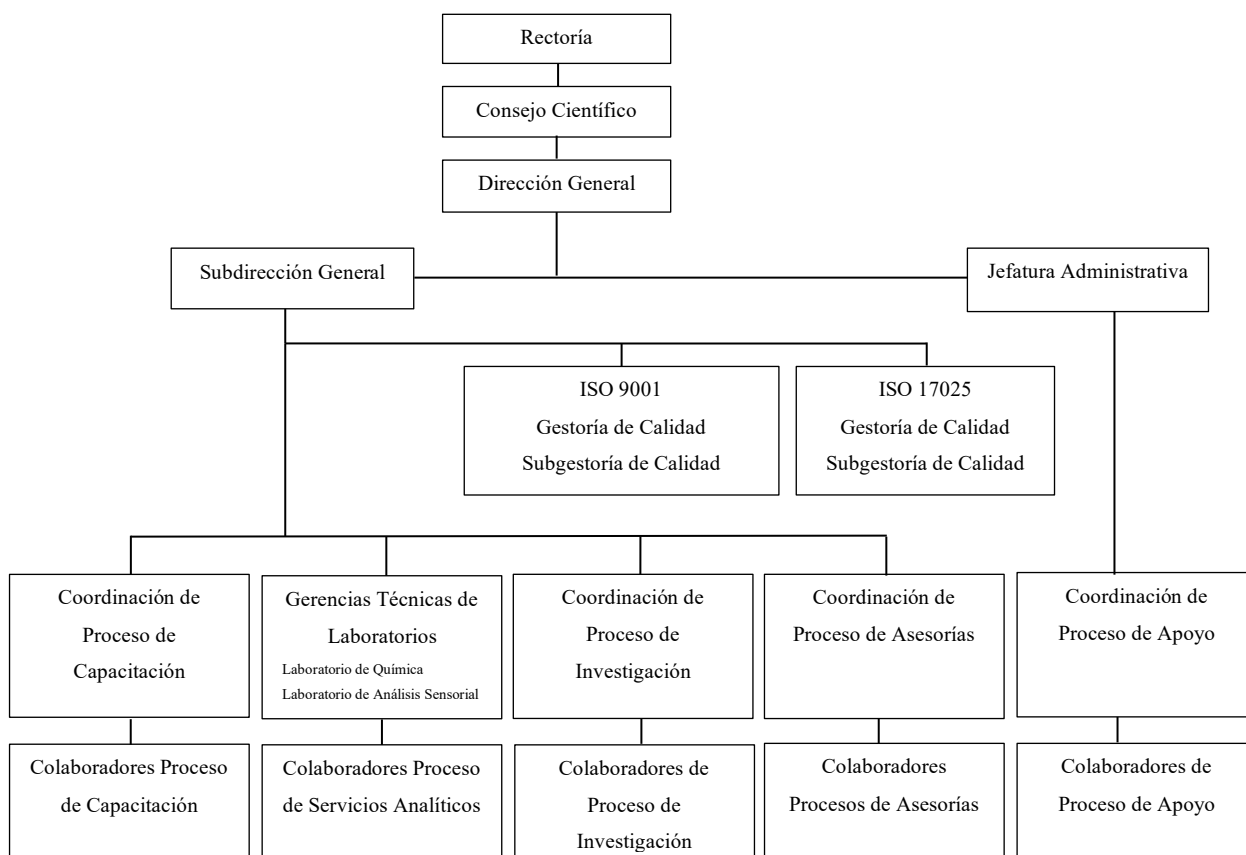
1.2 Ubicación geográfica

El laboratorio de análisis químicos del CITA se ubica en la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

1.3 Estructura organizacional, número de empleados e infraestructura

En la Figura 1 se presenta el organigrama general del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos al cual pertenece el laboratorio de química de alimentos.

Figura 1. Organigrama general del CITA.



Fuente: diseño propio basado en el documento OR-GCAL#000001 del CITA.

El Consejo Científico del CITA está conformado por el Ministro(a) del Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones de Costa Rica (MICITT), Ministro(a) del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG), Decano(a) de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la UCR, Director(a) de la Escuela de Tecnología de Alimentos de la UCR, representante de la Cámara Costarricense de Industria Alimentaria (CACIA), Director(a) General del CITA, Subdirector(a) General del CITA y Jefatura Administrativa del CITA. Asimismo, el CITA cuenta con 4 procesos sustantivos, específicamente (1) Investigación, (2) Asesorías, (3) Capacitación y (4) Servicios Analíticos (CITA, 2024b). En el marco de este último proceso opera el laboratorio de análisis químicos, el cual se ha

mantenido activo por más de 35 años y se enfoca en el estudio del perfil nutricional y en el control de la calidad e inocuidad, desde una perspectiva química, de alimentos para consumo humano (CITA, 2024c).

El CITA cuenta con una planta piloto para el procesamiento de alimentos, un laboratorio de química, un laboratorio de análisis sensorial, un laboratorio de microbiología (Unidad de Apoyo en Microbiología, Biología Molecular y Bioprocesos en Alimentos) y otros espacios destinados al procesamiento de alimentos específicos o ejecución de análisis (laboratorio de cacao, laboratorio análisis físicos, laboratorio de alérgenos). Asimismo, se dispone de salas para actividades de reunión y capacitación.

En el CITA colaboran un total de 50 personas de las cuáles 28 ocupan un puesto administrativo y 22 están vinculados a la investigación y docencia. En el laboratorio de análisis químicos de alimentos específicamente colaboran analistas químicos (4 tiempos completos y 1 medio tiempo), subgerente y gerente de laboratorio y se cuenta además con el apoyo de la recepcionista del CITA.

1.4 Antecedentes históricos institucionales

El Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica (UCR) se creó en el año 1974 gracias a un convenio de cooperación entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y la UCR. El centro de investigación se caracteriza por mantener un vínculo estrecho entre la academia, la industria alimentaria nacional y regional e instituciones gubernamentales, siendo uno de los principales objetivos de esta organización el generar y transferir el conocimiento adquirido a las partes interesadas con el fin de aumentar el valor de la producción agroalimentaria nacional, además de desarrollar nuevas opciones tecnológicas que estimulen y fortalezcan las cadenas de valor del sector agroalimentario (CITA, 2024b).

En el laboratorio de análisis químicos del CITA se realizan análisis muy especializados para los cuáles se utilizan metodologías de análisis químicos oficiales y métodos desarrollados por el propio laboratorio. En la actualidad, en el laboratorio se realizan análisis bajo técnicas

clásicas y modernas tales como cromatografía líquida de alto desempeño (HPLC por sus siglas en inglés), cromatografía de gases (GC por sus siglas en inglés), espectrofluorometría, absorción atómica, entre otras (CITA, 2024c). Este laboratorio ofrece servicios tanto a la industria alimentaria (oferta de servicios para clientes externos a la universidad), como a grupos de investigadores (clientes internos). Asimismo, el espacio puede ser utilizado por estudiantes para la ejecución de trabajos finales de graduación en Ingeniería de Alimentos (pregrado y posgrado) o carreras afines. El laboratorio de análisis químico del CITA cuenta con algunos ensayos acreditados de acuerdo a la norma INTE-ISO/IEC 17025:2017 y opera bajo los principios del sistema de gestión de calidad según la norma ISO 9001:2015 (CITA, 2024)(CITA, 2024b).

La política de calidad del CITA evidencia el compromiso del centro de investigación hacia la mejora continua y hacia un aumento en la productividad ofreciendo servicios de calidad. Dada la cultura de mejora continua existente, el laboratorio cuenta con algunos indicadores que permiten medir la calidad de los servicios ofrecidos y de alguna forma su productividad, incluyendo:

1. Ingresos totales (ingresos producto de la investigación + ingresos generados por servicios externos).
2. Número de muestras analizadas.
3. Número de análisis realizados.
4. Tiempo de entrega de informes.
5. Porcentaje de satisfacción del cliente.

En un estudio realizado en el año 2023 por un grupo de estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica, en el marco del curso II-0801-Ingeniería de Servicios; luego de aplicar las herramientas de *Quality Function Deployment* (QFD) y el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) para los servicios ofrecidos por el laboratorio, se determinó que el tiempo de entrega de los informes a los clientes representa un elemento crítico para este laboratorio dado que impacta directamente el nivel de satisfacción del usuario respecto a la prestación del servicio. Producto de esta investigación se generó una

serie de recomendaciones de alto valor vinculadas a la innovación en el servicio, estrategia de *marketing*, automatización para la oferta del servicio, mejoras en la gestión de cobro y controles del servicio post venta. No obstante, pese a que estas recomendaciones representan un insumo importante para la mejora integral del servicio, no se enfocan en la mejora de la productividad de las operaciones medulares del laboratorio, el cual, al no contar con un sistema de gestión de la productividad ni un sistema de gestión de la excelencia operacional, no dispone de todas las herramientas de medición y control necesarias para evaluar el impacto de su implementación en el proceso.

1.5 Justificación de la problemática

El laboratorio de análisis químicos de alimentos del CITA enfrenta la problemática de que en los últimos 5 años (2019-2023), el laboratorio ha experimentado un aumento en la demanda de servicios de alrededor de un 12%. Sin embargo, en ese mismo periodo la tasa promedio de incumplimiento en el tiempo de entrega de informes para clientes externos ha sido de un 12,5%. Esta situación genera solicitudes explícitas de los clientes para que se cumpla, e incluso que se reduzca, el tiempo de entrega de informes de resultados, el cual en este momento corresponde a 20 días hábiles.

El atraso en la entrega de los informes impacta negativamente diferentes elementos del servicio, genera disconformidad en los clientes y propicia la desmotivación del personal que percibe una saturación de tareas y responsabilidades sin lograr cumplir la meta en este indicador de productividad. A lo largo de los últimos años se han realizado algunos esfuerzos para erradicar este problema sin embargo la tendencia de entrega tardía de informes se mantiene, lo cual indica que la causa raíz no ha sido eliminada. Esta situación sugiere la existencia de oportunidades de mejora a nivel de gestión de los procesos y es por este motivo que se propone en este trabajo de investigación aplicada, un sistema de excelencia operacional (OPEX) para la organización como herramienta para que el laboratorio alcance una mejora en la productividad que finalmente se traduzca en una reducción del porcentaje de incumplimiento de la fecha de entrega de informes e idealmente dirija a la organización hacia una reducción en los tiempos de entrega de informes.

Dentro de las posibles causas de atraso en la entrega de resultados se incluye: incapacidades, entregas tardías de proveedores de insumos o materiales de laboratorio, mantenimiento correctivo de equipos, alta demanda inesperada de un análisis en específico que supera la capacidad de al menos uno de los equipos o analistas involucrados y reprocesos (repetición de análisis por inconsistencias en los resultados). Es importante señalar que en la última encuesta de evaluación de la satisfacción de los clientes de laboratorio realizada en el año 2023 y con un n=109 (compuesto por 39% de empresas pequeñas, 18% de empresas medianas y 43% de empresas grandes); se determinó que el 24% de los encuestados hace referencia a reducir el tiempo de entrega del informe por los servicios como una oportunidad de mejora. No obstante, esto se reporta al margen de que la totalidad de los encuestados indica estar muy satisfechos (36%) o bien satisfechos (64%) con la atención y comunicación recibida, así como con el informe de resultados entregado.

El laboratorio, pese a trabajar bajo un enfoque de mejora continua con un sistema de gestión de la calidad robusto basado en las normas ISO 9001 e ISO 17025, no ha logrado solventar esta problemática. Sin embargo, un sistema de gestión de excelencia operacional, al responder a un enfoque integrado, organizado, estructurado y disciplinado para proteger a los colaboradores, el ambiente y los bienes de la organización mientras mejora aspectos de desempeño del negocio tales como integridad, calidad y confiabilidad (Lutchman et al., 2020), puede representar el paso natural a seguir para la mejora continua de los servicios ofrecidos en el laboratorio. Las estrategias de excelencia operacional tienen como objetivo una mejora continua a través de prácticas que permitan alcanzar los resultados deseados de la organización (Luz Tortorella et al., 2022).

Debido a que tal como se menciona la entrega tardía de informes del laboratorio evidencia oportunidades de mejora a nivel de productividad en los procesos. Se visualiza la adopción de un sistema de excelencia operacional como una solución debido a que este permite realizar la gestión de la productividad mediante la aplicación de herramientas de diagnóstico, medición y mejoramiento dirigido a la calidad de servicio (Sierra-Parada et al., 2022). No obstante, el planteamiento de un sistema de excelencia operacional, en el contexto

seleccionado, es complejo dada la diversidad de análisis realizados y sus requerimientos, tanto a nivel de competencia técnica del personal como del equipamiento asociado.

Conociendo *a priori* que el tiempo de entrega de los informes de resultados representa para este laboratorio un indicador de calidad con evidentes oportunidades de mejora, y reconociendo la asociación de este indicador con la productividad en el laboratorio, surge la motivación para realizar la presente investigación. Este estudio es de particular relevancia pues se dará particular énfasis en acciones para el aumento de la productividad y en la propuesta de indicadores y metas alineados al sistema de gestión de la calidad ya existente en la organización. Es fundamental que esta propuesta considere además las particularidades de los servicios ofrecidos y de los clientes que atiende esta entidad.

En un laboratorio en el que se ofrecen análisis especializados cuyo resultado es crítico para determinar el cumplimiento de regulaciones y normas comerciales, así como la idoneidad de un alimento para que sea apto para consumo humano, es fundamental contar con personal altamente calificado; tanto para la ejecución de los ensayos como para la interpretación de los resultados y generación de informes. Un laboratorio con estas características podría categorizarse dentro de los servicios intensivos en conocimiento (KIS, por sus siglas en inglés), dado que emplea intensivamente recursos humanos altamente calificados y generadores de información y conocimiento para brindar el servicio a los clientes (Tapasco-Alzate et al., 2020). Este perfil de negocio hace aún más retadora la tarea de generar medios eficaces para controlar y mejorar la productividad enmarcada en una excelencia integral de las operaciones. Un sistema de excelencia operacional podría ayudar a monitorear el desempeño individual, identificar patrones inusuales e indagar sobre las causas y prácticas relacionadas con los mismos; además de determinar qué diferencias son atribuibles al individuo (personal) y cuáles al sistema de trabajo, o determinar el impacto de la incorporación de nuevas tecnologías, por ejemplo, para la automatización de algunas tareas.

Entre los principales retos que emergen en la práctica dentro de las organizaciones del sector de servicios intensivos en conocimiento, destaca la dificultad en la gestión de los tiempos de ejecución de las tareas dada la heterogeneidad del trabajo, complejidad de las tareas

requeridas, intangibilidad de los procesos y, en consecuencia, dificultades para medir y monitorear, y cómo gestionar las prácticas de medición de la productividad sin afectar el bienestar del personal (Tapasco-Alzate et al., 2020).

Los sistemas de excelencia operacional apuntan a la ejecución consistente y confiable de la estrategia empresarial a través de una planificación de la cultura organizacional a largo plazo (Luz Tortorella et al., 2022) y tienen como objetivo integrar ingresos, costos y riesgos para mejorar el desempeño mediante el cumplimiento de las expectativas del cliente y la mejora de la cultura organizacional. Estos sistemas buscan optimizar y mejorar continuamente los procesos y operaciones de una organización para lograr resultados sobresalientes en términos de eficiencia, calidad, seguridad, fiabilidad y satisfacción del cliente. Se basa en los principios de mejora continua, eliminación de desperdicios y participación activa del personal. En este enfoque se pueden aplicar diversidad de herramientas para maximizar el valor para los clientes mientras se minimiza costos y optimiza el rendimiento; entre ellas *Lean Six Sigma*, *Total Quality Management (TQM)*, *Kaizen*, entre otras, para identificar áreas de mejora, eliminar procesos innecesarios, reducir defectos y errores, y optimizar la eficiencia operativa en todos los niveles de la organización.

El objetivo principal de un sistema de gestión de excelencia operacional es maximizar el valor para los clientes y partes interesadas al tiempo que se minimizan los costos y se optimiza el rendimiento. Para lograr esto, las organizaciones implementan diversas metodologías y herramientas como *Lean Six Sigma*, *Total Quality Management (TQM)*, *Kaizen*, entre otras, para identificar áreas de mejora, eliminar procesos innecesarios, reducir defectos y errores, y optimizar la eficiencia operativa en todos los niveles de la organización. Un sistema de gestión de excelencia operacional busca alcanzar la excelencia en todos los aspectos de las operaciones de una organización, lo que conduce a una mayor competitividad, rentabilidad y satisfacción del cliente.

La investigación en los últimos 20 años sobre productividad y en la última década sobre excelencia operacional se enfoca en procesos de manufactura principalmente y es por esto

que este proyecto aportará de forma importante a la aplicación de este enfoque, pero en el sector servicios.

El análisis de la productividad requiere no sólo conocer los aspectos de los procesos o si posee las capacidades para ser productiva; también se requiere indagar sobre la orientación de la gerencia hacia el logro de la productividad como política o estrategia organizacional, siendo este el elemento fundamental para que cualquier esfuerzo de productividad sea sostenible (Serna Gómez, 2010). Asimismo, es relevante destacar que el uso de las técnicas y herramientas para la reducción de tiempos de entrega en la manufactura moderna puede ser de gran utilidad para la gestión de los tiempos de espera en servicios (Pacheco Segura, 2013), y en este caso de los tiempos para la entrega de un informe de resultados. Se destacan cinco metodologías que pueden ser utilizadas de forma regular en un ambiente de manufactura que, traducidas a un entorno de servicios, permitirán reducir los tiempos de entrega de un servicio; específicamente (Pacheco Segura, 2013):

- Vigilar constantemente el largo de la fila (lista de servicios pendientes).
- Mantener las cosas en movimiento.
- Sincronizar las operaciones y la capacidad.
- Suavizar el flujo de salida, cuidando la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda y reduciendo los defectos y reprocesos.
- Reducir la variabilidad.

1.6 Objetivo general y objetivos específicos

1.6.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema de excelencia operacional que permita mejorar la productividad en los procesos del laboratorio de análisis químicos del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica.

1.6.2 Objetivos específicos

1. Analizar el proceso de servicios de análisis químicos de alimentos para la industria y los indicadores de productividad mediante la aplicación de herramientas de *Lean Services Management* para delimitar los aspectos que influyen en la productividad del laboratorio y oportunidades de mejora.
2. Diseñar un sistema de excelencia operacional enfocado en la mejora de la productividad y en la reducción de la tasa de incumplimiento de los tiempos de entrega de informes del laboratorio de análisis químicos del CITA en la UCR mediante la incorporación de elementos de medición y control con el fin de mejorar los procesos para el aumento en la satisfacción de los clientes.
3. Validar la guía metodológica desarrollada para el sistema de excelencia operacional propuesto por medio de análisis de brechas, reestructuración del proceso actual de ejecución de análisis proximal y ajuste en los tiempos de entrega de informes para visualizar las diferencias entre el sistema existente de gestión de calidad y el sistema propuesto de excelencia operacional.

1.7 Factibilidad del proyecto de investigación

La estudiante es funcionaria del CITA y cliente interno del laboratorio en el que se desarrollará la investigación, estas condiciones favorecen la obtención de información de fuentes primarias confiables y garantiza un acercamiento estrecho con la situación actual.

Por su parte, el laboratorio cuenta con ensayos acreditados de acuerdo con la norma INTE-ISO/IEC 17025:2017 y opera bajo los principios de un sistema de gestión de la calidad de acuerdo con la norma ISO 9001; estas características garantizan que la organización cuenta con indicadores ya implementados de calidad y con un historial de resultados que permite ejecutar un análisis robusto e histórico de información para el planteamiento fundamentado de un sistema de gestión de la excelencia operacional alineado al sistema de gestión de la calidad existente.

Existe un compromiso importante de la Dirección y Subdirección del Centro de Investigación, así como de la Gerencia y Subgerencia Técnica del laboratorio hacia la mejora continua, elemento fundamental para el desarrollo de este proyecto y su eventual implementación. Finalmente, este proyecto es de interés de la organización y para su ejecución no se requiere de una inversión elevada dado que corresponde al planteamiento de una propuesta de un sistema de gestión de excelencia operacional.

1.8 Alcance de la investigación y limitaciones

1.8.1 Alcance

Esta investigación se enfoca en los servicios ofrecidos por el laboratorio de análisis químicos de alimentos del CITA de la UCR. Considera exclusivamente los servicios ya ofertados por el laboratorio, las instalaciones y equipos disponibles en el entorno de investigación seleccionado y el personal a cargo de las diferentes etapas de prestación del servicio. Asimismo, el proyecto contempla únicamente los servicios analíticos ofrecidos por el laboratorio para clientes externos; se excluyen de esta investigación los servicios ofrecidos para fines de investigación (clientes internos). La validación, por su parte, se enfocará exclusivamente en el servicio de análisis proximal de alimentos ofrecido por el laboratorio para clientes externos, paquete que abarca 7 u 8 análisis diferentes dependiendo de la muestra.

1.8.2 Limitaciones

Considerando la diversidad de ensayos realizados por el laboratorio y la demanda variable del servicio seleccionado, el tiempo disponible para la ejecución del proyecto podría ser una limitación.

1.9 Recursos disponibles

Se dispone de la infraestructura (instalaciones y equipos) del laboratorio, apoyo de los analistas y responsables gerenciales, así como del personal dedicado a la evaluación de la satisfacción de los clientes del laboratorio. Además, se tiene a disposición toda la información correspondiente a solicitudes, informes, indicadores de calidad, bitácoras de equipos e información de metodologías y procedimientos analíticos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 REFERENCIA CONCEPTUAL

En el presente apartado se describen las definiciones más relevantes para el tema central de la presente investigación. Pese a que se reconocen otros términos de relevancia en el área, la sección se ha delimitado a los conceptos básicos asociados al trabajo final de graduación.

2.1.1. Conceptos vinculados a la excelencia operacional de una organización

La **excelencia organizacional** se define como la utilización óptima de los recursos internos y externos para cumplir y superar los requisitos de los clientes, así como lograr un desarrollo empresarial sostenible (Ubaid et al., 2020). La excelencia organizacional implica la búsqueda continua de la excelencia en las operaciones de una organización y es a raíz de esto que es necesario abordar el concepto de excelencia operacional.

La **excelencia operacional** (OPEX, por sus siglas en inglés) corresponde a la búsqueda persistente de encontrar formas de mejorar la eficiencia y eficacia en cualquier negocio, independientemente de su tamaño y naturaleza (Antony et al., 2023) (Lutchman et al., 2020). Diversas definiciones de OPEX se encuentran en la literatura donde los autores concluyen que OPEX corresponde a una metodología, una mentalidad o una estrategia de negocios (Universitas Islam Indonesia & Cahyo, 2019). La excelencia operativa integra la experiencia del cliente y el diseño de productos y servicios con procesos para aumentar la satisfacción del cliente y la productividad de los trabajadores (Martin, 2021).

OPEX implica lograr un desempeño operativo superior basado en capacidades de mejora continua, alineación de la gestión y empoderamiento de los colaboradores que conducen y preservan una ventaja competitiva (Köhler et al., 2019).

La excelencia operacional está evolucionando de la mano de los avances en tecnología tales como la digitalización, automatización, procesos de automatización robótica, virtualización, *big data* y otras tecnologías disruptivas, así como formas de gestionar personas y recursos para brindar una experiencia excepcional al cliente (Martin, 2021).

Un **sistema de gestión de excelencia operacional** (OEMS, por sus siglas en inglés) es un sistema de gestión con un enfoque integrado, organizado, estructurado y disciplinado para proteger a las personas, el medio ambiente y los activos organizacionales mientras se mejora la integridad de los activos, la confiabilidad de la empresa y sus procesos y el desempeño comercial de una organización (Lutchman et al., 2020).

Chevron define OEMS como un medio integral para la evaluación sistemática y la gestión de la seguridad de sus procesos, salud y seguridad del personal, medio ambiente, fiabilidad y eficiencia; mientras que Suncor Energy indica que la excelencia operativa significa operar de manera segura, confiable, rentable y responsable ambientalmente (Suncor Energy, 2017). BP por su parte define su OEMS como un marco para todo el grupo diseñado para gestionar los riesgos en sus actividades operativas e impulsar el desempeño hacia la mejora (Lutchman et al., 2020).

Los OEMS también se definen como sistemas de métodos, técnicas, herramientas y recursos de autoevaluación utilizados por las organizaciones para construir un sistema de gestión del desempeño que abarca la creación de las competencias y capacidades básicas necesarias del personal, de una cultura de innovación, relaciones de colaboración sólidas, modelo de negocio orientado al cliente, compromiso de la alta dirección, adopción de sistema ISO, utilización óptima de recursos y gestión del comportamientos de la organización. Utiliza equipos, fundamentos y un sistema de gestión del desempeño como base para convertir los insumos de la organización en resultados a través de procesos para lograr y mantener un desempeño de excelencia en la organización (Ubaid et al., 2020).

Basado en la filosofía *Lean Thinking* y en las metodologías Six Sigma y *Lean Six Sigma*, un sistema de excelencia operacional ofrece formas de gestión, control y aumento del valor general de la organización. Por su naturaleza, su objetivo se define como buscar mejoras constantes. Incluye mecanismos para identificar los cambios positivos en el desempeño, empoderando a los trabajadores y manteniendo la satisfacción del cliente, además de eliminar desperdicios y reducir riesgos, mientras se completan los plazos y las entregas a tiempo (Miller, 2014).

La filosofía **LEAN** es una iniciativa constante y proactiva hacia los objetivos de reducción de costos y aumento de la calidad del producto o servicio, a través del empoderamiento de la fuerza laboral en el proceso de creación de mejoras y reducción de desperdicios. Desde su primer reporte en 1988, *LEAN* es sinónimo de una cultura de mejora continua trabajando para mejorar la calidad, los procedimientos de flujo de trabajo y el empoderamiento de la fuerza laboral para la implementación de estos objetivos (Issar & Navon, 2016).

LEAN puede definirse además como un enfoque multidimensional integrado que abarca una amplia variedad de prácticas de gestión basadas en la filosofía de eliminar el desperdicio mediante la mejora continua. *Lean* es una cultura, una forma de pensar, una filosofía práctica y no sólo una caja de herramientas para la mejora de la calidad (Gupta et al., 2016).

A nivel mundial, muchas empresas manufactureras han adoptado la cultura *Lean* y este movimiento se está extendiendo a las industrias de servicios y puede generar grandes resultados económicos y financieros, así como una mejora en el comportamiento de los trabajadores (Gupta et al., 2016).

Lean services es la aplicación de principios *Lean* en entornos de servicio, que son aplicable en todos los entornos de trabajo, ya sean de naturaleza operativa o de apoyo. Toda las áreas de una organización se pueden beneficiar de la aplicación de principios *lean*, asegurando menores costos, mayor calidad y mejor servicio y entrega (Voehl & Elshennawy, 2009).

Lean services management consiste en la aplicación sistematizada de métodos de producción en manufactura *lean* en la industria de servicios; corresponde a sistemas estandarizados de operaciones de servicios compuestos únicamente por actividades que generan valor para los clientes, centrándose en tangibles explícitos y apuntando a satisfacer las expectativas de calidad y precio de los clientes (Nascimento & Francischini, 2003).

Lean Six Sigma (LSS) es una de las metodologías más exitosas de gestión de calidad general para mejorar el desempeño de calidad de una organización (Ahmed et al., 2024). *Lean* y *Six*

Sigma son metodologías fundamentalmente diferentes en su filosofía, fundamentos, desarrollo práctico y herramientas asociadas. ***Six Sigma*** tiene como objetivo identificar y eliminar la variabilidad para asegurar procesos estables y consistentes. Con esta metodología se desarrollan y aplican datos intensivos y herramientas basadas en datos para identificar y presentar la situación actual de los procesos, facilitando la identificación de variabilidad y su eliminación. *Lean* por su parte se centra en las personas, buscando empoderar a los colaboradores para realizar cambios continuos a través del aprendizaje para identificar fuentes de “desperdicio” en sus procesos. Tiene como objetivo proporcionar “calidad en origen” (o garantía de calidad) y minimizar la necesidad de un “control de calidad” más costoso. LSS no se limita a utilizar ambas metodologías juntas, la elección de las herramientas en LSS depende del contexto y objetivos específicos de la organización. *Lean* fomenta un ciclo de continuo mejora que promueva el crecimiento y rentabilidad de las empresas, disminución de costos y mejora la satisfacción del cliente mejorando la eficiencia de actividades empresariales clave. Para disminuir los costos de los procesos de negocio y aumentar la satisfacción del cliente, se sugiere la implementación de un enfoque ***Lean Six Sigma*** para mejorar la rapidez del proceso y calidad del servicio a través de la mejora de la satisfacción del cliente y la reducción gastos superfluos y desperdicios (Ahmed et al., 2024).

Las **métricas o indicadores de desempeño** de un sistema de gestión se utilizan para identificar, definir, medir y controlar las brechas en el desempeño para la mejora, así como para describir el desempeño operativo de una organización (Martin, 2021).

La **productividad** a su vez corresponde a la relación entre la producción de bienes y servicios y los factores de producción movilizados (Djellal & Gallouj, 2013). En el área de manufactura, productividad corresponde a la relación entre los productos obtenidos (salidas) a través de un proceso de producción y los insumos (entradas) utilizados para producir dichos productos (Calabrese, 2012). A nivel de servicios, la productividad incluye más elementos de entrada como por ejemplo la satisfacción de los clientes, la calidad del servicio y la mano de obra de tal forma que los materiales, las máquinas y la energía no son tan importantes como en la industria manufacturera. La producción en el sector manufacturero se mide por unidades de cantidad mientras que en el sector de servicios generalmente no tiene valores

elevados en el aspecto cuantitativo, por lo que aumenta principalmente por el intento de proporcionar mayor calidad en el servicio al cliente procurando una mayor satisfacción (Rutkauskas, 2005). Existen diferentes métodos para medir la productividad en los servicios, se aplican métodos tradicionales (basados en índices, métricas, indicadores de desempeño, métodos envolventes de datos y métodos econométricos) y métodos alternativos más críticos, que incluso cuestionan la relevancia del concepto de productividad (Djellal & Gallouj, 2013). En la actualidad se considera que la productividad depende del valor de los productos y servicios (utilidad, singularidad, calidad, conveniencia, disponibilidad, etc.) y de la eficiencia con la que se producen y entregan a los clientes. Una concepción tan amplia de la productividad engloba el análisis de los procesos y métodos utilizados para mejorar la productividad, el desarrollo sostenible y la productividad verde, una mejor gestión de la cadena de valor y de suministro y, especialmente, el factor humano como clave (Durdyev et al., 2014).

2.2.1. Conceptos vinculados al análisis químico de alimentos

El **análisis de alimentos** es la disciplina que se ocupa del desarrollo, uso y estudio de los procedimientos analíticos para evaluar las características de los alimentos y de sus componentes. Esta información permite delimitar las propiedades nutricionales de los alimentos y la capacidad para producir alimentos que sean consistentemente inocuos, nutritivos y deseables para el consumidor (Zumbado Fernández, 2000).

El **análisis físico-químico de alimentos** por su parte se enfoca en la determinación de la composición química (proteínas, grasas, vitaminas, minerales, hidratos de carbono, contaminantes metálicos, residuos de plaguicidas, toxinas, antioxidantes, etc.). Este tipo de análisis permite caracterizar un alimento desde el punto de vista nutricional y toxicológico (Zumbado Fernández, 2000).

El **análisis proximal de alimentos** comprende las determinaciones que se realizan para conocer la composición de los macro nutrientes presentes en los alimentos e incluye la determinación de humedad, cenizas, lípidos, proteína y fibra dietética (Fun Fao y Zumbado,

2019). El contenido de carbohidratos también forma parte de un análisis proximal, sin embargo, es determinado posteriormente por diferencia en lugar de cuantificarse a nivel experimental (Salcedo et al., 2020).

ISO/IEC 17025 (Requisitos generales para la competencia de ensayos y calibración en laboratorios) corresponde a una norma para el establecimiento de un sistema de gestión de la calidad para laboratorios que deseen demostrar su competencia y capacidad para generar resultados válidos. El documento titulado “Guía ISO 25: Directrices para evaluar la competencia técnica de los laboratorios de ensayo” se considera el primer documento relacionado con esta norma en su versión actual. Este documento fue emitido por ILAC (Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios) el 1 de octubre de 1978 (Miguel et al., 2021). La norma ISO/EIC 17025 se aprobó en diciembre de 1999 por los miembros de la Organización Internacional de Normas. La versión más reciente de la norma es del año 2017 y se divide en los siguientes apartados: 1. Alcance; 2. Referencias normativas; 3. Términos y definiciones; 4. Requisitos generales; 5. Requisitos estructurales; 6. Necesidades de recursos; 7. Requisitos del proceso; 8. Requisitos del sistema de gestión; Anexo A; Anexo B; Referencias/bibliografía (Miguel et al., 2021).

2.2. REFERENCIA TEÓRICA

En este apartado se describe la evolución de los sistemas de gestión hasta llegar a sistemas de excelencia operacional; se incluyen además las herramientas utilizadas en el planteamiento de la guía metodológica de esta investigación, los elementos clave que debe incluir un sistema OPEX y los beneficios de su implementación.

Esta investigación considera la estructura y herramientas sugeridas en la literatura para diseñar una propuesta de sistema de excelencia operacional que se adapte a la naturaleza de las operaciones del laboratorio de análisis químico del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica.

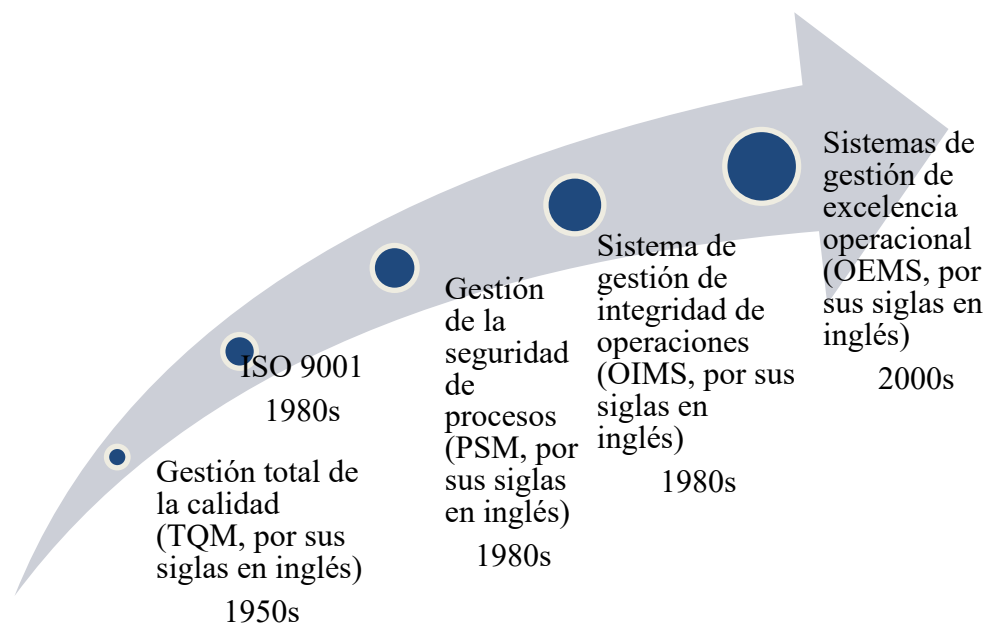
La intención de esta sección del documento es brindar al lector una descripción general de las principales herramientas que se utilizan en el desarrollo de un sistema OPEX con la intención de comprender a continuación el planteamiento de la metodología propuesta para la ejecución del proyecto.

2.2.1 Evolución de los sistemas de gestión

La aplicación de los sistemas de gestión inició con el fin de mejorar aspectos específicos del desempeño de las organizaciones. Estos sistemas han evolucionado para proporcionar formas estructuradas y organizadas de hacer diferentes negocios, evaluar y valorar de forma continua las operaciones para identificar oportunidades de mejora e incorporar elementos adicionales que permitan gestionar más eficazmente y de forma integral una organización tales como elementos relativos a la protección del medio ambiente, salud y seguridad ocupacional, gestión de seguridad de los procesos, entre otros (Lutchman et al., 2020).

En la Figura 2 se observa la evolución cronológica de los sistemas de gestión de la calidad total hasta los sistemas de gestión de excelencia operacional.

Figura 2. Evolución de los sistemas de gestión a través del tiempo.



Fuente: elaboración propia adaptado de Lutchman et al. (2020)

2.2.2 Elementos de un sistema de excelencia operacional (OEMS)

Un sistema de gestión de excelencia operacional debe considerar la voz del cliente y de los socios comerciales para propiciar la innovación, ejecución, mejoramiento continuo de desempeño y finalmente rentabilidad. La excelencia operacional debe contemplar cuatro elementos generales clave (Miller, 2014):

1. Atracción y retención de los mejores talentos.
2. Innovación y colaboración.
3. Alineación de la estrategia y tácticas.
4. Adquisición y retención de los clientes deseados.

En la Figura 3 se observa que cada uno de estos componentes se ve reforzado por la capacidad de optimizar la velocidad de operación y está motivado por el impulso de maximizar la rentabilidad o bien para organizaciones sin fines de lucro, la efectividad (Miller, 2014).

Figura 3. Componentes de la excelencia operacional.



Fuente: elaboración propia adaptado de Miller (2014).

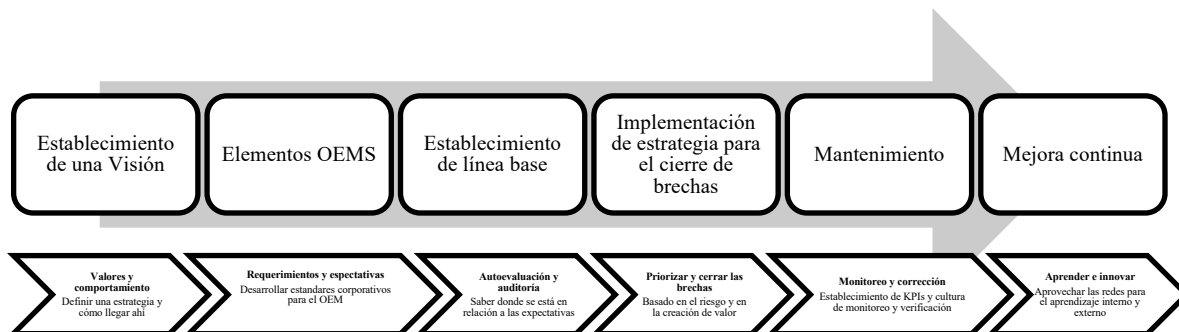
Una organización que desea incursionar en la implementación de un sistema de gestión de excelencia operacional debe considerar siete fundamentos clave (Lutchman et al., 2020):

1. Compromiso, motivación y responsabilidad de los líderes.
2. Establecimiento de los elementos requeridos para el sistema de gestión.
3. Establecimiento de la línea base para comprender dónde se encuentra la organización en comparación en su estado deseado.
4. Seguimiento de un proceso de planificación, ejecución, verificación y acción para gestionar el trabajo.
5. Ejecución de auditorías para evaluación del cumplimiento y conformidad con los requisitos de cada elemento estándar del sistema.
6. Cierre de las brechas y mantenimiento de una disciplina operativa al hacerlo.
7. Establecimiento de mejoras continuas y cultura de aprendizaje compartido.

Un OEMs requiere el establecimiento de requisitos corporativos y expectativas en políticas y estándares para lograr la visión. Para esto es fundamental conocer la línea base mediante una evaluación comparativa interna en relación con los requisitos de los clientes y las expectativas planteadas por la organización. En miras de disminuir o eliminar la distancia entre lo existente y las expectativas de la organización, es imperativo implementar una

estrategia de cierre de brechas, construida y evaluada dentro de los planes anuales y estratégicos. Para efectos de evaluar el avance hacia esa dirección resulta esencial la inclusión de elementos de monitoreo, revisión y corrección de deficiencias para finalmente adoptar una cultura de mejora continua en la que la organización es experta en aprender, innovar y adaptarse al entorno empresarial. Estos pasos se resumen en la Figura 4.

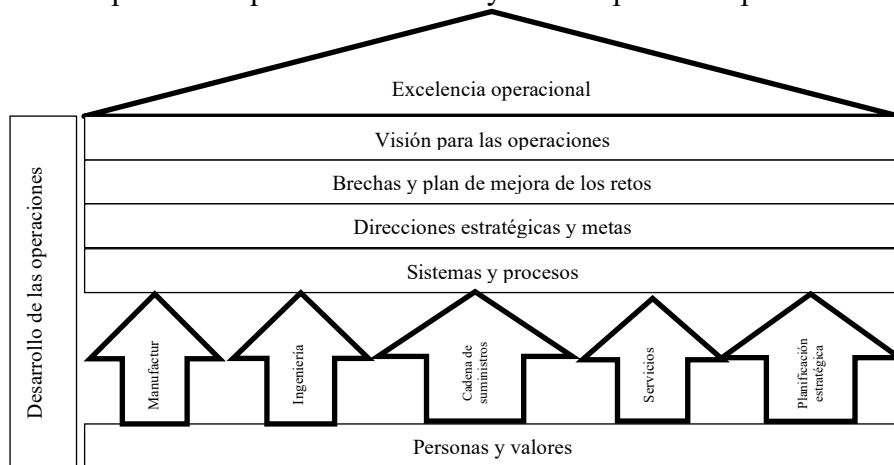
Figura 4. Pasos para la implementación de un sistema de gestión de excelencia operacional.



Fuente: elaboración propia adaptado de (Lutchman et al., 2020).

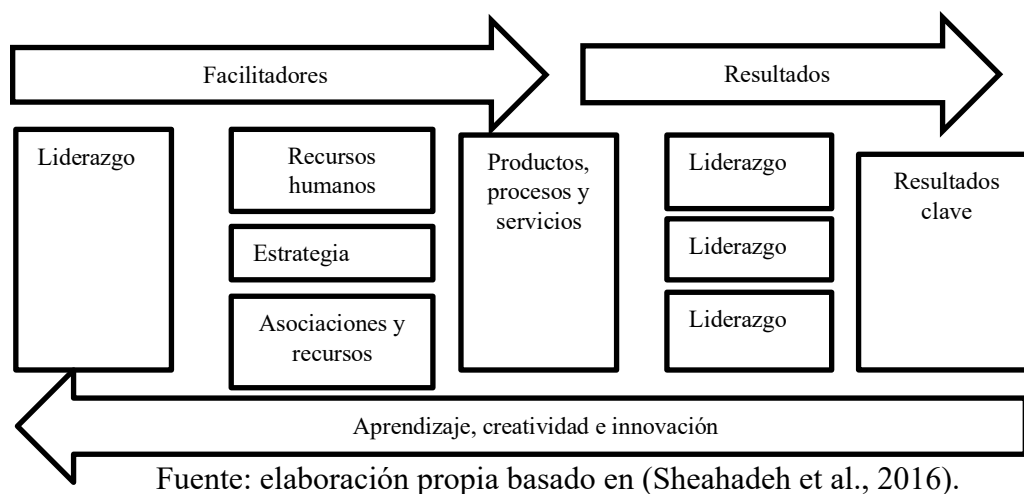
En un sistema de excelencia operacional se deja de lado el enfoque sobre funciones de apoyo o silos y en su defecto se crea una visión y metas en común. Se reúne a todos los involucrados con la organización, tanto dentro (desarrollo de productos y servicios, recursos humanos, finanzas, mercadeo, ventas, entre otros) como fuera (clientes, cadena de suministro, socios comerciales, proveedores), para asegurar el cumplimiento de los objetivos propuestos (Miller, 2014), tal y como se describe en la Figura 5 y en la Figura 6.

Figura 5. Disciplinas de operaciones unidas y estados para la implementación de OPEX.



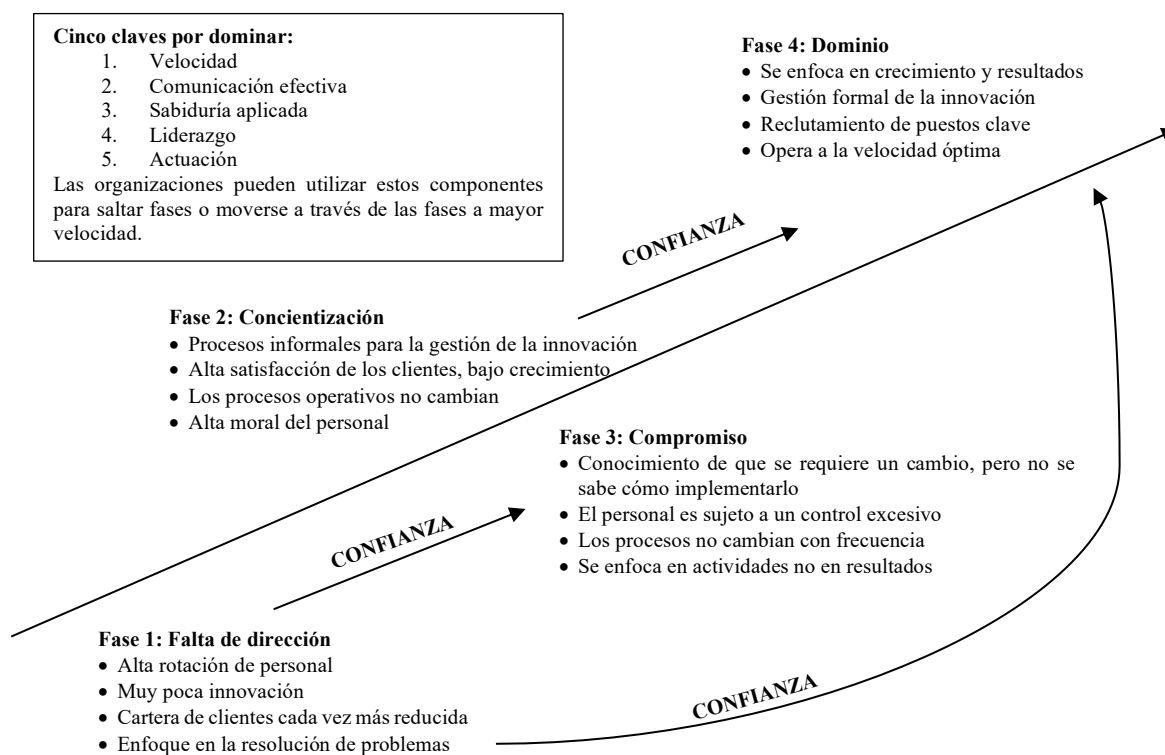
Fuente: elaboración propia adaptado de Issar & Navon (2016).

Figura 6. Criterios de selección para el Premio a la excelencia King Abdullah II en Jordán.



A medida que una organización trabaja hacia la excelencia operativa, puede progresar a través de las cuatro fases (Figura 7). El objetivo del sistema de excelencia operacional debe ser alcanzar la cuarta fase en el menor tiempo posible.

Figura 7. Fases de la excelencia operacional durante la implementación de OEMS.



Fuente: elaboración propia, adaptado de Miller (2014).

2.2.3 Beneficios de la implementación de un sistema de gestión de excelencia operacional

La excelencia operacional permite aumentar el margen bruto de un negocio, provocando que el efectivo fluya y permita inversiones en el desarrollo de nuevos productos ó servicios que finalmente contribuyen en la conquista de la confianza de los clientes y mejora la competitividad de la organización en el mercado (Issar & Navon, 2016). Asimismo, otros de los beneficios asociados a la implementación de OEMS en una organización se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Beneficios de la implementación de OEMS en una organización.

Eje	Beneficios
Organización	<p>Maximización del valor de las partes interesadas reflejado en el desempeño organizacional y empresarial integral.</p> <p>Una fuerza laboral motivada.</p> <p>Un enfoque estructurado, organizado y disciplinado para la organización.</p> <p>Enfoques consistentes y proactivos para la organización.</p> <p>Dependencia de procesos y sistemas que promueve la continuidad del negocio.</p> <p>Contratación del mejor recurso humano.</p> <p>Una visión compartida con un propósito y una cultura común.</p>
Recursos Humanos	<p>Las personas importan, pero existen procesos, sistemas y estructuras que permiten continuidad en caso de rotación del personal.</p> <p>Todo el personal tiene las competencias necesarias para mantener operaciones seguras y confiables.</p> <p>Redes maduras para sostener y mejorar continuamente el negocio.</p> <p>Los colaboradores están empoderados con roles claramente definidos y límites establecidos.</p> <p>Los derechos de decisión se definen y no se cuestionan.</p>
Medio Ambiente, Salud y Seguridad Ocupacional	<p>Se aplica una gestión de riesgos reflexiva en toda la organización.</p> <p>Se aprende de los incidentes internos y externos.</p> <p>Los procesos son consistentes y personalizados.</p> <p>Se afianza el intercambio y la colaboración interna y externa.</p>
Confiability e integridad	<p>Los activos reciben el mantenimiento adecuado para la oferta del servicio o manufactura de productos.</p>

Fuente: Elaboración propia basada en Lutchman et al. (2020).

2.2.4. Metodologías de excelencia operacional

Elegir las herramientas y métodos adecuados que estén hechos a medida para adaptarse a la visión de una empresa es el punto de partida de la excelencia operacional. La literatura sugiere la aplicación de *Lean* como mentalidad para eliminar todo desperdicio y mejorar el flujo de información y Six Sigma para eliminar la variación en los procesos y estandarizar una forma de producción u oferta de servicios que permita mantener la calidad en entornos de manufactura o bien elevar la satisfacción del cliente en un contexto de oferta de servicios.

La Tabla 2 resume las categorías de metodologías para la implementación de un sistema de excelencia operacional.

Tabla 2. Categorías de metodologías de excelencia organizacional.

	<i>Six Sigma</i>	<i>Lean-Six Sigma</i>	<i>Modelo de excelencia de negocio – lean – Six Sigma</i>
	<i>Pensamiento Lean</i>		
Genéricas	Modelo de excelencia de negocio (BEMS, por sus siglas en inglés para <i>Business Excellence Model</i>)	Autoevaluaciones	Autoevaluaciones operacionales
			Toma de decisiones multicriterio
			Herramienta de evaluación del sistema de mejora
			Autoevaluación multi organizacional con evaluación comparativa de mejores prácticas
			Autoevaluación multicriterio para excelencia del negocio
	ISO	Auditorías de calidad	Auto auditorías (auditorías internas)
	Cuadro de mando integral		
	Ciclos virtuosos de reciprocidad y modelo de excelencia operacional Shingo		
	Marco conceptual para impulsores y barreras		
	Indicadores clave de desempeño (KPIs, por sus siglas en inglés)		
	Gestión sostenible del cambio y factores críticos de éxito		
	Autoevaluaciones asistidas por computadora		
	Simulaciones		
	Sistemas integrados para el mejoramiento de negocios		
	Modelo integrado de gestión		
	Modelo de excelencia en liderazgo		
	Ruleta ganadora		
	Modelo de actividad		
	Organización de alto desempeño		
	Evaluación comparativa (<i>benchmarking</i>)		
Excelencia empresarial sostenible			
Gestión de la excelencia total del negocio			
Prácticas de trabajo de alto desempeño			
Personalizadas	Sector de la industria de Software		Cuadro de mando holístico
	Sector público		Inversor en personas
			Sistema de medición de la excelencia de negocio Kanji
	Sector de la construcción		Modelo de excelencia de negocio y cuadro de mando integral
			Gestión del desempeño gerencial
			Sistema de medición de la excelencia de negocio Kanji y Six Sigma
	Organizaciones sin fines de lucro		Modelo de excelencia para el sector de la construcción
	Sector educativo		Marco de formulación de estrategias
	Pequeñas y medianas industrias		Desempeño organizacional y modelo de desempeño de excelencia organizacional
	Cadena de suministro y logística inversa		Marco de asociación de la cadena de suministro
			Modelo de desempeño y estabilidad de la cadena de suministro
			Marco de medición integral del desempeño empresarial de logística inversa
			Modelo de desempeño de la cadena de suministro en servicios de seguros
	Sector servicios		Sistema de toma de decisiones multicriterio para el sector servicios
			Herramienta de cuadrícula de excelencia y Modelo de análisis del desempeño 3D
Sector turismo		Modelo de excelencia del negocio en aeropuertos	

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Ubaid et al. (2020).

2.3. REFERENCIA CONTEXTUAL

En este apartado se describe ejemplos de casos prácticos de implementación de OPEX en el sector servicios y se aborda en específico el caso de implementación de OPEX en un contexto de un laboratorio de análisis.

OPEX comprende la mejora continua, la manufactura/oferta de servicios *Lean* y la manufactura de clase mundial; permite un desempeño operativo superior con estrategias de mejora continua, alineando la gestión y empoderando al personal (Köhler et al., 2019). Los laboratorios de control de calidad de alimentos son parte integral de la cadena de valor de la industria alimentaria y, por tanto, fundamentales para la provisión de alimentos de calidad e inocuos. Además de la confiabilidad de los análisis y la estabilidad operativa de la organización, la efectividad de los laboratorios de análisis de alimentos permite a la industria alimentaria implementar sistemas de calidad altamente efectivos.

2.3.1. Implementación de OPEX en servicios

En la Tabla 3 se describen ejemplos seleccionados de la evaluación del impacto de la implementación de OPEX en organizaciones del sector servicios.

2.3.2. Implementación de OPEX en laboratorios

La bibliografía existente en el tema de implementación de sistemas de excelencia operacional en un entorno de laboratorio es muy limitada, lo que refuerza la importancia de la ejecución de la presente investigación.

Previo a este proyecto Köhler et al. (2019) evaluaron cómo el implementar habilitadores OPEX en laboratorios de control de calidad contribuye a fortalecer la eficacia de la calidad de una organización de fabricación de productos farmacéuticos. Este estudio se basó en una base de datos de la Universidad de St. Gallen que comprendía 53 laboratorios de control de calidad farmacéutica y se encontró que los laboratorios altamente efectivos exhibían una implementación de facilitadores OPEX significativamente mayor. Los autores concluyeron que la implementación de OPEX contribuyó a que los laboratorios de control de calidad

consolidados logran un alto nivel de calidad en el servicio y en este sector en particular, que las organizaciones logran una liberación de medicamentos eficaz y eficiente.

Tabla 3. Ejemplos del impacto de la implementación de OPEX en el sector servicios.

Sector de servicios	Sistemas implementados	Tipo de publicación	Conclusión	Referencia
Salud	Excelencia operacional y Salud 4.0 (H4.0)	Revisión de literatura	La implementación de OPEX en organizaciones de atención médica ofrece mejores resultados para los pacientes, agiliza procesos y reduce la probabilidad de errores médicos.	(Detwal et al., 2024)
Hotelería	Excelencia operacional	Artículo de investigación: propuesta de enfoque sistemático	Los métodos industriales para OPEX pueden adaptarse y transferirse al sector de servicios con potencial para mejoras significativas, especialmente en servicios con un alto grado de factores tangibles para alcanzar resultados sobresalientes sin inversiones significativas.	(Cesarotti & Spada, 2009)
Financiero	Excelencia operacional a través de <i>Lean Six Sigma</i>	Artículo de investigación	La implementación de OPEX a través del uso de herramientas <i>Lean Six Sigma</i> es posible y genera resultados prometedores en una empresa financiera proveedora de servicios.	(De Mast et al., 2013)
Energía	Excelencia operacional a través del uso de geo datos para la toma de decisiones	Artículo de investigación	Incorporar geodatos para la toma de decisiones en el marco de la excelencia operacional permite a corporaciones energéticas optimizar la gestión de sus activos, agilizar las cadenas de suministro y mejorar la evaluación de riesgos con algunos retos debidos a las complejidades de la calidad de los datos, el cumplimiento normativo y la gestión del cambio organizacional.	(Oloruntosin Tolulope Joel & Vincent Ugochukwu Oguanobi, 2024)

Fuente: elaboración propia.

En el contexto de OPEX, se han descrito habilitadores de manufactura *Lean* (LM, por sus siglas en inglés) y a nivel de manufactura, las principales dimensiones facilitadoras abordan el mantenimiento productivo total (TPM, por siglas en inglés), la gestión de la calidad total (TQM, por sus siglas en inglés), el justo a tiempo (JIT, por sus siglas en inglés), la gestión

de recursos humanos (HRM, por sus siglas en inglés) y la cultura organizacional (OC, por sus siglas en inglés) (Köhler et al., 2019).

En la Tabla 4 se presenta un resumen de las dimensiones facilitadoras de OPEX reportados en la literatura en orden cronológico (desde los primeros trabajos hasta los más recientes) según lo descrito en el estudio de Köhler et al. (2019). Cabe mencionar que ese estudio se excluyeron las dimensiones facilitadoras vinculadas a interacciones a nivel de sitio con partes externas (proveedores y clientes), ya que los laboratorios de control de calidad no tienen un vínculo directo con clientes y proveedores externos. No obstante, en el laboratorio de química del CITA sí se deben incluir estos elementos ya que la unidad interactúa con una cantidad importante de proveedores y en estrecha y continua comunicación con clientes externos.

Tabla 4. Dimensiones facilitadoras de OPEX reportados en la literatura.

Dimensiones facilitadoras	Referencia											
	(White et al., 1999)	(Cua et al., 2001)	(Ahmed et al., 2024)	(Shah & Ward, 2003)	(Challis et al., 2005)	(Matsui, 2007)	(Shah & Ward, 2007)	(Gebauer et al., 2009)	(Pettersen, 2009)	(Furlan et al., 2011)	(Chen & Hua Tan, 2013)	(Friedli et al., 2013)
Enfoque	JIT	TPM, TQM, JIT	JIT	LM	TPM, TQM, HRM	JIT, TQM, HRM	LM	LM	LM	JIT, TQM, HRM	JIT	OPEX
Mantenimiento preventivo												
Evaluación y uso de la tecnología												
Ordenamiento interno												
Gestión de procesos												
Estandarización y simplificación												
Reducción del tiempo de configuración y preparación												
Enfoque de jalar/tracción (<i>push</i>)												
Optimización de la distribución												
Adherencia a la planificación												
Gestión visual												
Gestión del compromiso y la cultura de la compañía												
Involucramiento del personal y mejora continua												
Integración funcional y calificación												

Fuente: elaboración propia adaptada de Köhler et al. (2019).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

Este trabajo final de graduación corresponde a una investigación mixta (cualitativa-cuantitativa) (Sampieri, 2010). Por tanto, la metodología incluye elementos cuantitativos y elementos cualitativos que permitan una mayor exploración del caso y la problemática identificada, así como un adecuado aprovechamiento de los datos generados para generar la propuesta de un sistema de gestión de excelencia operacional para el laboratorio de análisis químicos del CITA. El componente cuantitativo implicará la recolección de datos para, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, establecer patrones de comportamiento y probar teorías. Mientras que el componente cualitativo se enfocará en la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación (Sampieri, 2010).

3.2 Diseño instrumental

Para el desarrollo de esta investigación se utilizará la guía instrumental y metodológica detallada en la Tabla 5.

Tabla 5. Metodología instrumental para la ejecución de la investigación.

Objetivo	Actividad	Herramientas	Entregable
Objetivo 1: Diagnóstico	Descripción y caracterización del proceso actual de oferta del servicio seleccionado en función de los requerimientos para la implementación de un sistema OPEX.	Diagrama de proceso, diagrama SIPOC. Estudio de capacidad del laboratorio (índice de capacidad, cargas de trabajo, capacidad de equipos y potencial identificación de cuellos de botellas en el proceso de oferta de servicios de análisis proximal de alimentos).	Diagrama del proceso de oferta del servicio de análisis proximal. Caracterización del proceso a partir de la identificación de elementos claves en los dominios de: proveedores, entradas, procesos (subprocesos), salidas y clientes. Capacidad del laboratorio a nivel de equipos y cargas de trabajo considerando además la potencial identificación de cuellos de botella.
	Revisión de indicadores existentes de calidad vinculados a productividad de los últimos 3 años (2018-2023) del laboratorio (informes de indicadores para revisión por la dirección). Incluye la evaluación de la satisfacción del cliente.	Análisis estadístico de los resultados de los indicadores existentes a evaluar. Diagrama de Ishikawa, histograma.	Listado y resumen de resultados de los indicadores evaluados. Análisis situacional del estado actual del sistema de calidad en función de los indicadores existentes mediante la aplicación de la herramienta <i>Operationalization of OPEX enabler dimensions</i> (Köhler et al., 2019).
	Ejecución de entrevistas a Gerencia y Subgerencia Técnica del Laboratorio para conocer el grado de implementación de elementos de OPEX.	Entrevista utilizando como guía la lista de chequeo con todos los elementos que debe contener el sistema OPEX según Köhler et al. (2019).	
Objetivo 2: Diseño de propuesta de sistema OPEX	Diseñar la propuesta de sistema OPEX con énfasis en los elementos identificados en el diagnóstico que permitan mejorar la productividad de los servicios del laboratorio.	Análisis de procesos, aplicación de los elementos de operacionalización de OPEX según Köhler et al. (2019) (Anexo 1), construcción de indicadores, procedimientos y registros seleccionados de gestión de OPEX. Propuesta de modificación del proceso de servicio de análisis proximal de alimentos. Lista de chequeo para el sistema.	Estructura del sistema OPEX del laboratorio. Proceso ajustado para la oferta del servicio de análisis proximal de alimentos. Lista de estrategias propuestas para la mejora de la productividad en la oferta de servicios del laboratorio.
Objetivo 3. Validación del sistema propuesto	Comparar, mediante la herramienta de Köhler et al. (2019) y un indicador de desempeño seleccionado (KPI) tras implementar mejoras seleccionadas derivadas del OPEX al aplicar un modelo piloto.	Análisis de brechas y cálculo de indicador(s) seleccionado(s) de OPEX. <i>Focus group</i> Análisis estadístico de KPI seleccionado.	Informe de análisis de brechas y recomendaciones y mejoras para implementación del sistema OPEX.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Plan de trabajo

Con el objetivo de planificar la ejecución de la presente investigación, se dispone del plan de trabajo detallado en la Tabla 6. Para el diseño de este plan se consideraron 8 meses calendario y se estructura la propuesta de acuerdo a los entregables establecidos en los lineamientos para trabajos finales de graduación por la Comisión de Maestría en Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica.

Tabla 6. Diagrama de Gantt para la ejecución de la presente investigación.

Actividades	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Descripción de la estructura organizacional (antecedentes históricos y estructura organizacional)	■	■	■									
Problemática definida -Antecedentes del problema -Problemática actual estructurada -Justificación del proyecto -Factibilidad del proyecto -Alcance del proyecto				■	■	■						
Marco teórico -Referencia conceptual -Referencia teórica -referencia situacional						■						
Metodología de la investigación -Tipo de investigación -Metodologías de diagnóstico -Metodología para creación de propuesta -Metodologías de validación -Plan de trabajo							■					
Desarrollo de objetivo 1: Diagnóstico								■				
Desarrollo de objetivo 2: Desarrollo de propuesta OPEX									■	■		
Desarrollo de objetivo 3: Validación de propuesta											■	■
Conclusiones y recomendaciones												■

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV. DESARROLLO Y RESULTADOS

4.1 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA EXISTENTE EN FUNCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE OPEX

Para realizar el diagnóstico del estado del sistema actual, en función de los requerimientos para la implementación de un sistema OPEX, se aplicaron cuatro etapas:

- 1) Descripción y caracterización del servicio,
- 2) Revisión de indicadores existentes de calidad (indicadores claves de rendimiento, KPIs) históricos.
- 3) Aplicación de herramienta para identificar el grado de cumplimiento de los requisitos de un sistema OPEX.
- 4) Ejecución de un *focus groups* con colaboradores del laboratorio para identificación de las causas de atrasos en entrega de informes y variabilidad en los tiempos de entrega.

Esta información se utilizó seguidamente para determinar las áreas en las que los procesos actuales no cumplen con los estándares requeridos de excelencia (*Gaps* de mejora).

4.1.1. Descripción del servicio

El laboratorio de análisis químicos del CITA ofrece una amplia diversidad de análisis químicos de alimentos a clientes externos, este apartado describe, de forma general, el procedimiento que se sigue en la actualidad para ofrecer todos los servicios (Figura 8). Seguidamente se detalla las características del servicio que se ejecuta con mayor frecuencia, el cual corresponde al análisis proximal básico de alimentos que se ejecuta para efectos de generar una etiqueta nutricional.

El análisis proximal básico de alimentos incluye los ensayos analíticos experimentales de determinación de contenido de humedad, cenizas, grasa, proteína y sodio; se calcula además por diferencia el contenido de carbohidratos y valor energético del alimento, esto para muestras con un contenido de grasa total menor a 0,5 g/100 g, mientras que para alimentos con valores de grasa mayores o iguales a 0,5 g/100 g, adicional a los análisis antes descritos, se determina el perfil de ácidos grasos saturados, insaturados y *trans* (perfil de ácidos grasos FAMES). Es importante señalar que los carbohidratos totales, calorías y calorías por grasa

corresponde a valores calculados que son responsabilidad de la Gerencia Técnica del laboratorio, quien además genera los informes de resultados para los clientes. Para el primer grupo de alimentos, un total de 4 personas interaccionan en algún momento con la muestra para la ejecución de un total de 7 análisis mientras que en el segundo grupo de alimentos este número aumenta a 5 personas ejecutando un total de 8 análisis. En la Figura 8 se describen los pasos a seguir para la oferta del servicio de análisis químicos de alimentos realizado por el CITA.

En el sistema de gestión de calidad del laboratorio se dispone de tres procedimientos que describen en detalle el proceso antes mencionado:

- PO-SALQ#0001 Ingreso y custodia de muestras.
- MA-SALQ#000001 Preparación de muestras.
- PO-PRSA#000001 Formulación de ofertas y recepción de muestras.

Para una mejor comprensión del proceso, se describen a continuación algunas definiciones de relevancia en la oferta de un servicio de análisis químico:

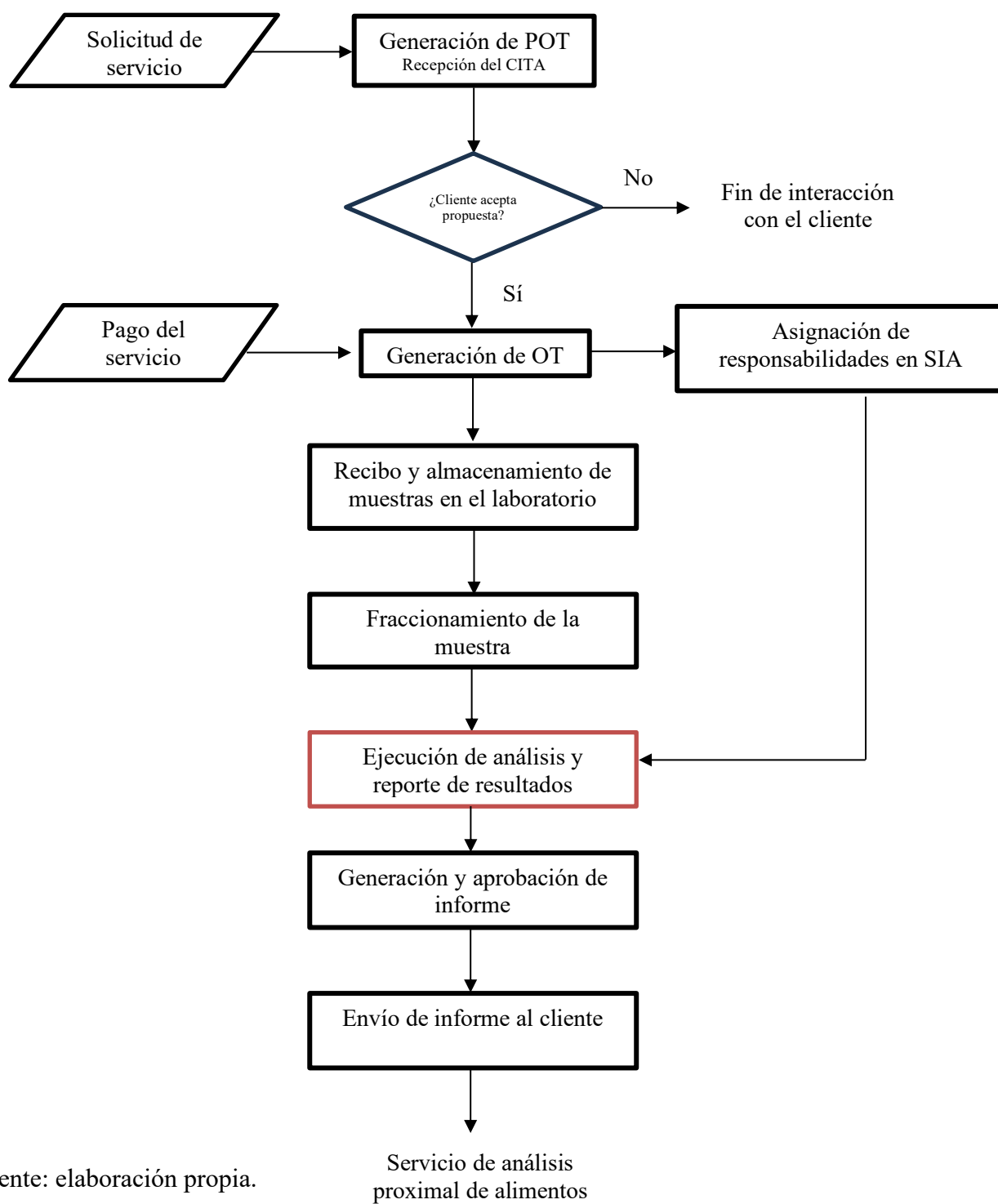
POT: Propuesta de Orden de Trabajo. Incluye la información del cliente, tipo y número de muestras, análisis solicitados, costo y tiempo de entrega de informe (contrato). Las propuestas tienen un año de vigencia.

OT: Orden de trabajo. Se generan cuando se ha aceptado la POT y hecho el pago del servicio. Con esta OT se generan las etiquetas de identificación y se le colocan a cada una de las muestras. Además, se asignan las responsabilidades de los ensayos.

Fraccionamiento de la muestra: División de la muestra para utilizar una porción para análisis y una fracción para custodia.

SIA: Sistema integrado de administración del CITA.

Figura 8. Proceso de oferta de los servicios de análisis químicos ofrecidos por el laboratorio de análisis de alimentos del CITA.



Fuente: elaboración propia.

Servicio de análisis proximal de alimentos

En el proceso de ejecución de análisis, las etapas de generación de POT, generación de OT y cobro son realizadas por la recepcionista del CITA. La gestión de cobro se vincula al momento en que el cliente acepta una POT. Toda POT emitida por el laboratorio de química del CITA tiene una vigencia de 1 año calendario. En caso de que el cliente no acepte la oferta, actualmente no se da seguimiento durante el año de vigencia de la POT y no se revisa la razón de rechazo. Dudas sobre la interpretación de la oferta, la necesidad de corregir algún punto indicado en la POT o cuestionamientos vinculados al costo del servicio se aborda únicamente a solicitud de los clientes.

Por otro lado, para los clientes que aceptan la oferta, actualmente el sistema de pago es vía transferencia bancaria o en su defecto con tarjeta de crédito o débito directamente en la recepción del CITA. Recibido el pago, la recepcionista coloca la POT en ejecución en el sistema informático y automáticamente (se convierte en una OT), el sistema asigna las responsabilidades a los analistas de tal forma que ellos puede conocer, en tiempo real, las tareas pendientes. Sumado a esto, semanalmente la Gerencia Técnica del laboratorio emite una programación de los análisis por persona que permite a los analistas priorizar las tareas de análisis, reportes de datos y reserva de equipos, entre otras. Cabe destacar que el sistema posee la opción de que, además del analista responsable de cada ensayo, exista un suplente (en caso de incapacidad, vacaciones u otra condición que imposibilite al analista titular cumplir con la tarea en el tiempo previsto), por lo que si existe algún imprevisto la Gerencia técnica reasigna al nuevo responsable.

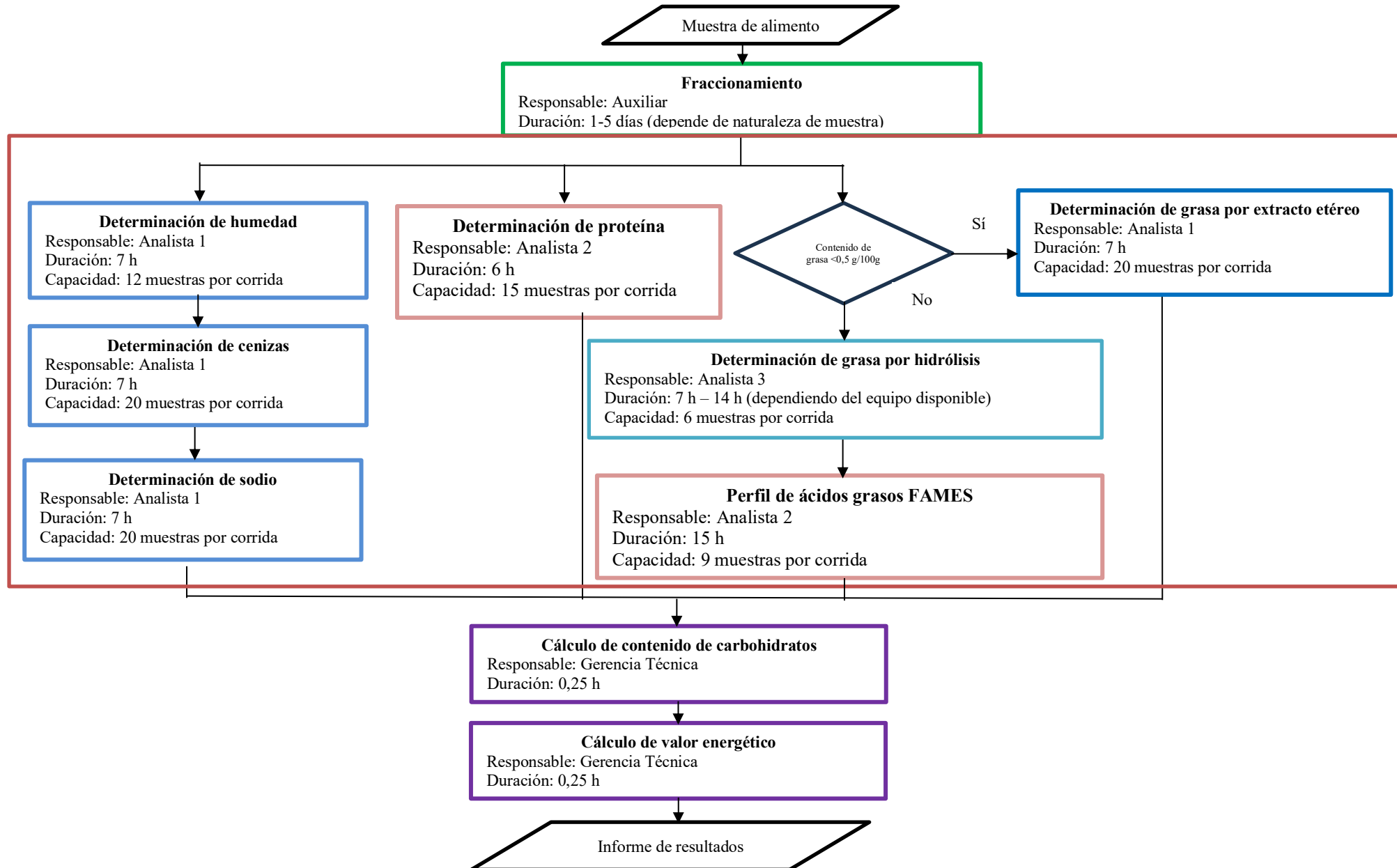
El fraccionamiento de la muestra es una tarea que puede implicar de un día a una semana de trabajo como máximo, dependiendo de la naturaleza de la muestra, y es una tarea realizada por un personal auxiliar y en casos de alta demanda de análisis, los mismos analistas realizan el procesamiento de las muestras. Dado que el servicio de análisis proximal es complejo, diferentes personas participan en paralelo o en serie para concluir con lo requerido por el cliente. Una vez que inician los análisis, los analistas disponen de un máximo de 15 días hábiles para realizar el análisis asignado. Un paquete de análisis proximal implica varios análisis realizados por diferentes analistas, estos análisis pueden realizarse en serie o en paralelo, dependiendo de la demanda y capacidad de los analistas, así como de los equipos

involucrados. La generación de informe se realiza al final del proceso, cuando todos los resultados de la oferta son reportados y aprobados en el SIA, esta es una tarea de la Gerencia y/o Subgerencia Técnica del laboratorio. Luego de generado el informe se realiza la revisión y aprobación del informe por parte de la Gerencia y/o Subgerencia del laboratorio, dependiendo de quien genera el informe.

Por la naturaleza del servicio, se identifica que la etapa de mayor complejidad señalada en la Figura 8 es la **ejecución del análisis**. Esto debido a que, tal y como se menciona, un analista puede realizar varios análisis en serie y más de un analista está trabajando en paralelo para contribuir a ofrecer un servicio de forma integral, como es el caso de la oferta de análisis proximales de alimentos. La decisión de la distribución de tareas diarias y el orden de ejecución de los ensayos así como el uso de los tiempos muertos en ensayos recae actualmente en cada analista. En este punto es relevante recalcar que el laboratorio realiza análisis para clientes externos (industria y gobierno) y para clientes internos (estudiantes e investigadores que ejecutan proyectos de investigación en la Universidad de Costa Rica). Asimismo, además de los paquetes de análisis proximal de alimentos, el laboratorio ofrece alrededor de 50 ensayos diferentes. Este factor y una demanda variable de los servicios tornan retador la planificación de las tareas en esta unidad. En la Figura 9 se detalla de forma gráfica el nivel de complejidad asociado a la oferta de un servicio de análisis proximal para clientes externos.

En la Figura 9, cada color en las operaciones involucra a un responsable diferente y el recuadro en rojo es específico a labores experimentales ejecutadas en el laboratorio.

Figura 9. Descripción del proceso de ejecución de un análisis proximal de alimentos en el CITA.



A nivel de sistema de información, el laboratorio del CITA utiliza un sistema, de diseño propio, denominado SIA. En este sistema existen interfases para la recepcionista, analistas, Gerencia y Subgerencia técnica del laboratorio. La recepcionista del Centro ingresa una orden de trabajo en SIA-CITA utilizando la interfaz que se muestra en la Figura 10.

Figura 10. Interfaz en el sistema SIA-CITA para el ingreso de una solicitud de análisis.

The screenshot shows a web-based form for maintaining analysis types. The form is titled "Mantenimiento de Tipos de Análisis" and is part of the "SIA Sistema Integrado de Administración" system. The form includes the following fields and options:

- Código:** QU007
- Tipo de Análisis:** Ceniza
- Método Análisis:** Gravimetría
- Descripción:** Ceniza
- Analista:** Carlos Eduardo Calderón Cat
- Suplente:** Silvia Quirós Fallas
- Precio:** 12074
- Certificado:**
- No Certificado:**
- Activo:**
- Inactivo:**

An "Incluir" button is located at the bottom right of the form.

En ocasiones, algunos análisis no se ofrecen debido a eventualidades tales como: daño en un equipo, carga elevada de trabajo del momento o una incapacidad extendida de un analista. Asimismo, pese que existe de forma estandarizada el compromiso con el cliente de una entrega de resultados en 20 días plazo, en casos donde la oferta contiene un número elevado de muestras, se establece con el cliente extender el plazo de entrega de informe o bien fraccionar las muestras y distribuir los análisis en el tiempo.

Históricamente han ocurrido algunos eventos que ameritaron el cierre de algunos análisis, por ejemplo se presentó el daño del equipo para determinar proteína, en esa ocasión se emitió un comunicado al cliente para indicarle que se podía ingresar la muestra, el laboratorio realizaría un análisis parcial y al momento de contar de nuevo con el equipo en operación se completaría el servicio. En otra ocasión, se dio la salida del analista titular para la ejecución del ensayo de gluten y simultáneamente el analista suplente se encontraba incapacitado; por esto la Gerencia técnica tomó la decisión de dar de baja, temporalmente, el análisis de gluten de la lista de servicios que ofrece el laboratorio realizando para ello un comunicado oficial a la base de datos de clientes.

Si bien es cierto se tomaron acciones puntuales, no se tienen datos registrados para valorar el impacto de estas acciones o determinar el número de clientes vinculados a una solicitud no atendida. Teniendo en cuenta que el laboratorio toma medidas de solicitar a algunos clientes que fracciones la totalidad de las muestras en varios periodos de entrega, es pertinente considerar el registro de estos eventos para una eventual toma de decisiones basada en la frecuencia de ocurrencia de situaciones de esta naturaleza.

Los analistas también utilizan una interfase del SIA indicada en la Figura 11, donde pueden observar los análisis pendientes de realizar, aquellos que están en proceso, análisis ya realizados en proceso de revisión, ensayos rechazados y ensayos concluidos. En el caso de ensayos rechazados estos pueden originarse por varios factores: que el control de calidad del método indica que no se cumple con las especificaciones, que el dato no sea acorde a la descripción de la muestra y por criterio técnico se pide la repetición. Además, puede ocurrir un error de transcripción por inconsistencias a nivel de incertidumbre, unidades o método empleado. Las repeticiones deben concluirse en un periodo de una semana como máximo.

Figura 11. Interfaz del sistema SIA-CITA utilizado por los analistas del laboratorio.



Cada analista puede dar seguimiento a sus responsabilidades en el sistema SIA-CITA, por ejemplo, puede verificar los análisis en proceso o por iniciar (Figura 12).

Una vez concluido un ensayo, el analista registra el valor obtenido en el sistema (Figura 13) y la Gerencia Técnica revisa dicho resultado. Para los diferentes ensayos se tienen diseñadas herramientas de cálculo automatizado en excel que permiten realizar por ejemplo el cálculo de la incertidumbre asociada a un resultado.

Figura 12. Ejemplo de la interfaz del sistema SIA-CITA utilizado por analistas del laboratorio para conocer el estado de un análisis asignado.



Análisis en Proceso						
Editar	Muestra	Fecha Ingreso	Descripción	Análisis	Estado	
	SAQ-2453-1	05-11-2018	Arroz Integral	Cobre	Análisis en Proceso	
	SAQ-2453-1	05-11-2018	Arroz Integral	Zinc	Análisis en Proceso	
	SAQ-3031-7	26-08-2019	Carne Molida R1	Proteína	Análisis en Proceso	
	SAQ-3031-7	26-08-2019	Carne Molida R1	Proteína (DUMAS)	Análisis en Proceso	
	SAQ-3031-8	26-08-2019	Carne Molida R2	Proteína	Análisis en Proceso	
	SAQ-3031-8	26-08-2019	Carne Molida R2	Proteína (DUMAS)	Análisis en Proceso	
	SAQ-3031-9	26-08-2019	Carne Molida R3	Proteína	Análisis en Proceso	
	SAQ-3031-9	26-08-2019	Carne Molida R3	Proteína (DUMAS)	Análisis en Proceso	
	SAQ-3068-1	11-09-2019	Harina de yuca	Vitaminas Liposolubles: Vitamina A, Vita	Análisis en Proceso	
	SAQ-3068-2	11-09-2019	Harina de camote	Vitaminas Liposolubles: Vitamina A, Vita	Análisis en Proceso	
	SAQ-3068-3	11-09-2019	Harina de pejitbaye	Vitaminas Liposolubles: Vitamina A, Vita	Análisis en Proceso	

CITA, Universidad de Costa Rica - San José, Costa Rica
Todos los derechos reservados, 2015

Figura 13. Ejemplo de la interfaz del sistema SIA-CITA utilizado por analistas del laboratorio para reporte de resultados.



Análisis en Revisión									
Muestra	Descripción	Análisis	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Referencia	Aprobar	Rechazar	Editar
SAQ-8209-1	MAÍZ BLANCO CASCADO	Tiamina	No detectable (<0,074)		mg/100 g	Cromatografía líquida ión-p			
SAQ-8209-1	MAÍZ BLANCO CASCADO	Riboflavina	No detectable (<0,049)		mg/100 g	Cromatografía líquida ión-p			
SAQ-8209-1	MAÍZ BLANCO CASCADO	Ácido fólico	No detectable (<0,057)		mg/100 g	Cromatografía líquida ión-p			
SAQ-8209-1	MAÍZ BLANCO CASCADO	Cianocobalamina	No detectable (<1,0)		mg/100 g	Cromatografía líquida ión-p			
SAQ-8209-1	MAÍZ BLANCO CASCADO	Niacinamida	No detectable (<0,084)		mg/100 g	Cromatografía líquida ión-p			
SAQ-8209-1	MAÍZ BLANCO CASCADO	Piridoxina	0,0541	± 0,0055	mg/100 g	Cromatografía líquida ión-p			

La Gerencia y Subgerencia técnica del laboratorio trabajan en la interfase que se muestra en la Figura 14. Cabe mencionar que la sección de mantenimiento le permite actualizar la referencia, precio o analista asignado para un análisis químico en particular.

Figura 14. Ejemplo de la interfaz del sistema SIA-CITA utilizado por Gerencia y Subgerencia técnica del laboratorio para reporte de resultados.



Finalmente, el proceso de generación de un informe está automatizado, en la Figura 14 se muestra un ejemplo de cómo se trabaja la generación de un informe a nivel del sistema.

Figura 15. Ejemplo de la interfase del sistema SIA-CITA utilizado por Gerencia y Subgerencia técnica del laboratorio para generación de informe de resultados.

Resumen Muestras Análisis Pagos Informe Bitácora

Resultados Incluidos

Muestra	Descripción	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Referencia	Estado
SAQ-3068-1	Almidón resistente	1,84	± 0,30	g/100 g	kit comercial Megazyme, método enzimático (AOAC 2002.02)	Análisis Concluido
SAQ-3068-2	Almidón resistente	0,485	± 0,080	g/100 g	kit comercial Megazyme, método enzimático (AOAC 2002.02)	Análisis Concluido
SAQ-3068-3	Almidón resistente	0,68	± 0,11	g/100 g	kit comercial Megazyme, método enzimático (AOAC 2002.02)	Análisis Concluido
SAQ-3068-1	Almidón total	87,8	± 4,6	g/100 g	kit comercial Megazyme, método enzimático (AOAC 996.11 modificado)	Análisis Concluido
SAQ-3068-2	Almidón total	60,0	± 3,1	g/100 g	kit comercial Megazyme, método enzimático (AOAC 996.11 modificado)	Análisis Concluido
SAQ-3068-3	Almidón total	58,8	± 3,1	g/100 g	kit comercial Megazyme, método enzimático (AOAC 996.11 modificado)	Análisis Concluido

Fecha finalizado y no entregado: 26/09/2019

Nombre OT: SAQ-3068-2019

Título de informe: REPORTE DE ANÁLISIS QUIMICO

Referencias Análisis

Firmado por:

El sistema utilizado mantiene además un registro de todas las acciones realizadas en una sección denominada bitácora. Un ejemplo de bitácora se observa en la Figura 16.

Figura 16. Ejemplo de la interfaz del sistema SIA-CITA utilizado por Gerencia y Subgerencia técnica del laboratorio para conocer todas las acciones vinculadas a una OT.

Actividades realizadas a esta OT			
Nuevo Evento Bitácora		Guardar evento	Guardar y cargar archivo
Fecha	Descripción	Realizada por:	Archivo
16-08-2023	Se incluyó una nueva Orden de Trabajo	aureña	
16-08-2023	Se hizo un pago por: 39910.56	aureña	
16-08-2023	Recibe la muestra Lizeth Rojas	aureña	
21-08-2023	Se generó una copia del informe	ccortes	
23-08-2023	Informe de resultados	aureña	archivobitacora-74829-SAQ-7220.pdf
23-08-2023	Correo envío de informe	aureña	archivobitacora-74830-SAQ-7220.eml
23-08-2023	Se envió el informe al cliente y se finaliza Orden de Trabajo	aureña	

Actualmente el laboratorio cuenta con cinco analistas, quienes tienen asignados análisis específicos (Tabla 7) y cada año rotan sus responsabilidades. Cuatro de estos analistas trabajan en una jornada de tiempo completo (8 horas/día, 7 días a la semana) mientras que uno de ellos dispone de una jornada de medio tiempo (4 horas, 2 días y medio a la semana). Asimismo, colaboran 2 auxiliares que en sus funciones principales se encuentra la limpieza del laboratorio, uno en tiempo completo (8 horas/día, 7 días por semana) y el segundo por medio tiempo (4 horas/día, 7 días semanales). Los analistas disponen de 15 días máximo para realizar los análisis asignados y la Gerencia/Subgerencia Técnica revisa y aprueba el lote de análisis con los controles de calidad para posteriormente generar y aprobar el reporte de resultados. Actualmente el tiempo de entrega de un reporte es estándar, independientemente del número de muestras incluidas en una solicitud y corresponde a 20 días hábiles.

La Gerencia Técnica del laboratorio realiza un análisis del desempeño de cada analista utilizando como referencia el Reglamento para la Gestión del Desempeño Laboral del Personal Universitario y, semestralmente el laboratorio presenta indicadores de desempeño al Proceso de Conducción del CITA. Asimismo, el laboratorio está sujeto a una programación periódica de auditorías internas y externas para los ensayos acreditados por el Ente Costarricense de Acreditación (ECA). En la página web de esta entidad se detalla los análisis acreditados para este laboratorio <https://eca.or.cr/oec/centro-nacional-de-ciencia-y-tecnologia-de-alimentos-cita-ucr/>. Sobresale que todos los análisis que se requieren para un paquete de análisis proximal de alimentos, servicio que se ofrece con mayor frecuencia a clientes externos, corresponde a ensayos acreditados.

Tabla 7. Distribución de responsabilidades en el laboratorio de análisis químicos del CITA para los servicios de análisis proximal de alimentos.

Análisis	Analista ^b					Subgerencia técnica	Gerencia técnica
	1	2	3	4	5		
Ácidos orgánicos		x	x	x		x	
Aw	x			x	x		
Capsaicinoides^a		x		x			
Ácidos clorogénicos		x		x			
Vitaminas hidrosolubles				x			
Sulfitos^a				x			
Taurina				x			
Yodo^a				x			
Flúor^a				x			
Acidez	x	x	x	x	x		
Cloruros				x		x	
Brix				x		x	
pH	x			x	x	x	
Índice de peróxidos				x	x	x	
Ácidos grasos				x	x	x	
Antocianinas totales					x		x
Polifenoles totales	x			x	x		x
Polifenoles por HPLC		x		x			x
Fibra dietética	x						
Fibra soluble e insoluble	x						
Proteína ^c	x	x	x				
Proteína DUMAS ^c	x	x					
Azúcares	x	x	x	x			
Nitratos y nitritos	x						x
Cafeína	x	x				x	
Vitamina C	x	x					x
Vitaminas liposolubles			x	x		x	
Piperina^a			x				
Etanol		x	x	x		x	
Furosina^a			x				
GMP^a			x				
Cenizas	x		x				
Minerales (Na ^c , Fe, Ca, Cu, Zn, P, K, Mg, P)	x		x				
Almidón resistente	x						
Almidón total	x						
G(HA)	x		x				
Carotenoides totales^a					x		
Carotenoides por HPLC^a					x	x	
Gluten			x	x			
Humedad ^c	x		x				
Humedad TGA ^c	x		x	x			
Cenizas TGA ^c	x		x	x			
Grasa cruda ^c	x		x				
G(HA) ^c	x		x				
Peso neto y escurrido			x		x		
Densidad^a		x			x		
Perfil de ácidos grasos FAMES ^c	x	x	x				
Lactulosa^a		x	x				
Fitoesteroles		x	x				
Colesterol			x	x			
Acrilamida^a				x		x	
Aminoácidos^a				x			
Preservantes (benzoato/sorbato)^a				x			
Carbohidratos totales ^c						x	x
Carbohidratos disponibles ^c						x	x
Valor energético ^c						x	x

^aAnálisis de ejecución esporádica: frecuencia inferior a una vez al mes. ^bX en negrita: análisis asignado de forma automatizada en el sistema.

^cCorresponde a los análisis que forman parte del paquete de análisis proximal de alimentos.

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, es importante señalar que los equipos tienen una capacidad máxima, delimitada por su diseño, en la Tabla 8 se presenta una descripción de dicha capacidad. Todos los ensayos que pertenecen a un paquete de análisis proximal de alimentos tienen un tiempo de preparación de la muestra, tiempo de análisis y tiempo de registro de resultados.

Tabla 8. Capacidad de los equipos requeridos para la oferta de un análisis proximal de alimentos.

Análisis	Equipo/Método	Capacidad del equipo	Cantidad de equipos disponibles	Particularidades del ensayo
Proteína	Método Kjeldahl, incluye el uso de un digestor, un destilador y una titulación manual.	15 muestras cada 6 h	1	Método acreditado. En caso de avería y previo acuerdo con el cliente, se puede utilizar el método Dumas (no acreditado)
	Método DUMAS, equipo de combustión para determinación de nitrógeno	40 muestras en 4 h	1	Ensayo no acreditado.
Humedad	Estufa de convección (EC) Estufa al vacío (EV)	12 muestras en 7 h	5 EV y 3 EC	La estufa para utilizar depende del contenido de azúcar en la muestra.
Cenizas	Mufla	20 muestras cada 7 h	2	Requiere previo tratamiento a los crisoles.
Sodio	Absorción atómica	20 muestras cada 7 h	1	Requiere de la previa determinación del contenido de cenizas
Grasa	Extracto etéreo	20 muestras en 7 h	2 diferentes	En algunas matrices requiere la determinación previa de humedad.
	Hidrólisis	6 muestras de 7 a 14 h dependiendo del equipo		Duración depende del método
Perfil ácidos grasos (FAMES)	Cromatografía de gases con detección de ionización de llama (FID)	9 muestras cada 15 h	1	La integración de cromatogramas y el cálculo de ácidos grasos implican 8 h adicionales además de que el resultado es dependiente del valor de grasa.

Fuente: elaboración propia.

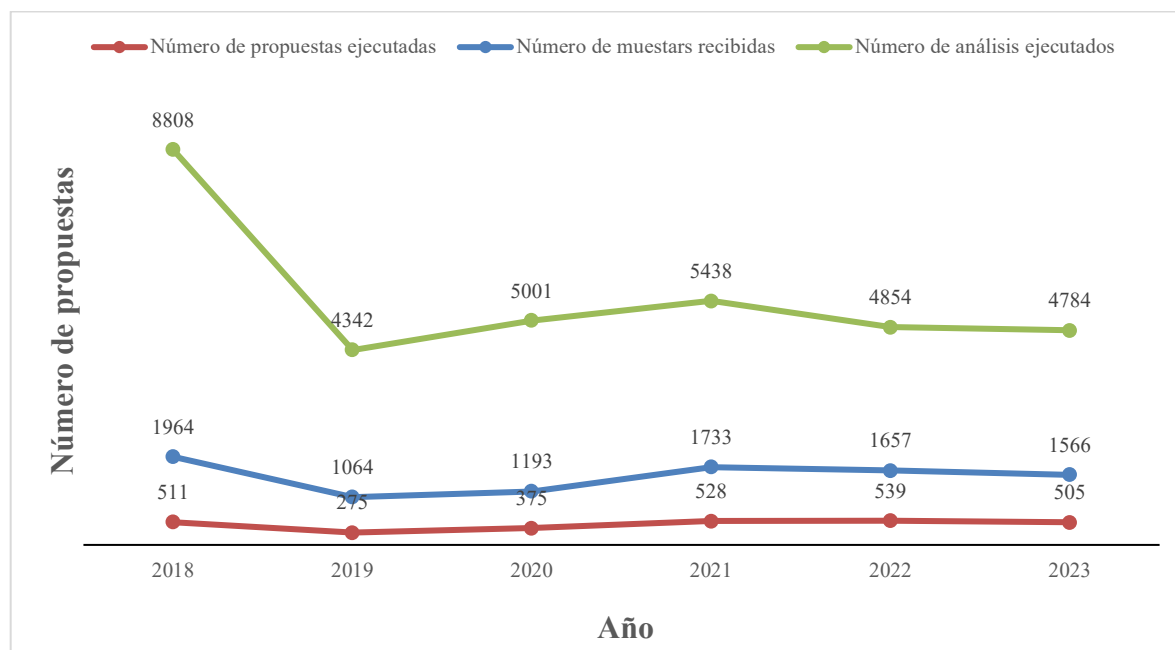
Posterior a la documentación y estudio del proceso de oferta de servicios por el laboratorio se identificaron algunas oportunidades de mejora que se enlistan a continuación.

1. **Medios de pago limitados:** actualmente solo se pueden pagar los servicios de forma remota por medio de transferencia bancaria o bien de forma presencial con tarjeta de debito o crédito.
2. **La asignación de responsabilidades de los analistas requiere revisión y ajuste:** actualmente un número elevado (más del 50%) de los análisis vinculados a un servicio de análisis proximal, servicio que se ofrece con mayor frecuencia en el laboratorio del CITA a clientes externos, recae principalmente sobre uno de los analistas (Figura 9 y Tabla 7).
3. **La programación de actividades y tareas requiere revisión y ajuste:** En la actualidad existe una alta flexibilidad y tiempo extendido para la ejecución de los análisis asignados a los analistas en el laboratorio.
4. **Tiempo generalizado para entrega de informe de resultados requiere ser revisado:** Actualmente la promesa al cliente corresponde a un tiempo de entrega de informes a 20 días hábiles, independientemente de la cantidad de análisis solicitados o número de muestras entregadas.

4.1.2. Revisión de indicadores de calidad

Se realizó una revisión de algunos indicadores de calidad existentes en el laboratorio desde el año 2018 y hasta el año 2023. Los resultados se muestran en la Figura 17 y Figura 18. En este análisis solo se incluyeron los servicios ofrecidos a clientes externos del CITA y abarca más análisis que los paquetes básicos de análisis proximal (totalidad de datos de esta población). Cabe mencionar que en este periodo se ha evaluado además la satisfacción de los clientes con un n mínimo de 100 clientes por año, resultando en un valor del 100% anual al sumar los clientes que se definen como satisfechos o muy satisfechos con los servicios ofrecidos por el CITA. Esto demuestra que la satisfacción de los clientes no es un tema de preocupación actual.

Figura 17. Resumen de indicadores vinculados al volumen de solicitudes de clientes externos del laboratorio de análisis químicos del CITA recibidas del 2018 al 2023.

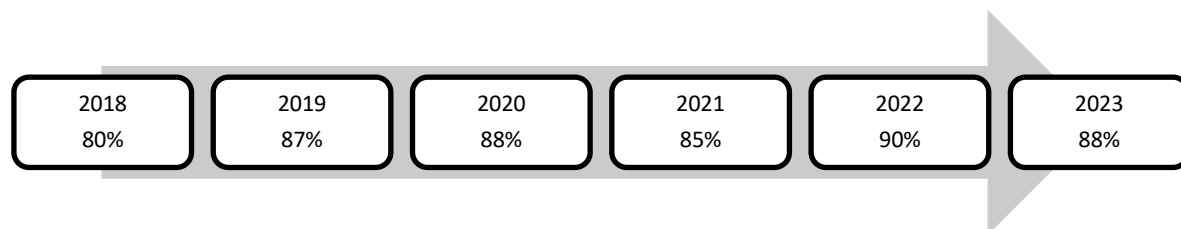


Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar que en la recepción de una solicitud, el cliente puede entregar múltiples muestras de diferente naturaleza y solicitar diferentes análisis para cada muestra. Esto explica el por qué el número de propuestas ejecutadas es considerablemente inferior al número de muestras y en particular al compararse con el número de análisis ejecutados (Figura 17); aumentando esta situación la complejidad de la oferta de servicios de este laboratorio y la planificación de la ejecución de dichos análisis.

Sobresale en los resultados (Figura 17) que en los últimos años el laboratorio ha realizado un promedio de 5534 análisis de alimentos al año correspondientes a un valor promedio de 1530 productos diferentes analizados por año. Destaca además (Figura 18) que el valor promedio en los últimos 5 años en el tiempo de entrega de informes a tiempo a clientes externos ha sido de un 86% ($n=2722$ muestras) con un intervalo de confianza (alfa de 5%) de 2,9%, resultando esto en un valor promedio del 14% de los casos en el que los clientes reciben su informe posterior a la fecha ofrecida al momento de solicitar el servicio.

Figura 18. Porcentaje promedio de entrega a tiempo de informes de resultados de los servicios externos realizados por el laboratorio de análisis químicos del CITA.



Fuente: elaboración propia.

Para el año **2023**, en la actividad de revisión por la dirección realizada en el marco de las normas ISO 17025 e ISO 9001, la Gerencia y Subgerencia Técnica del laboratorio determinaron las siguientes causas de estos atrasos:

- Alta demanda de análisis/reducción de personal (57%)
- Repetición de análisis por inconsistencias (18%)
- Atrasos de proveedores (12%)
- Mantenimiento correctivo (8%)

En años previos se indica además como otra posible causa de atraso en la entrega de informes la incapacidad (por razones médicas o licencia de incapacidad) de analistas o Gerencia/Subgerencia del laboratorio. Al respecto, el laboratorio realizó en el año 2021 un análisis de riesgos y delimitó una serie de medidas de contingencia para reducir los atrasos en la entrega de informes a clientes externos:

- Compra e instalación de equipos para agilizar algunos ensayos como por ejemplo reguladores en estufa de vacío.
- Contratación de apoyo temporal a través de la figura de horas asistente/técnico/auxiliar para actividades de rutina en la ejecución de ensayos no acreditados.
- Planificación anual de vacaciones de gerencia y subgerencia del laboratorio.
- Contratación temporal de personal para sustitución en caso de incapacidad.
- Cumplimiento de plan de mantenimiento preventivo y gestión de compra de repuestos según recomendaciones de los proveedores.

- Diseño de plan de inversión a plazo para reposición de algunos equipos.

Para un análisis más específico enfocado en el servicio de oferta de paquetes de análisis proximal, utilizando Minitab, se analizó el tiempo de entrega de informes del laboratorio desde el año 2017 hasta el año 2024; enfocando el análisis exclusivamente a los servicios de paquetes de análisis proximal. Los resultados se resumen en la Figura 19.

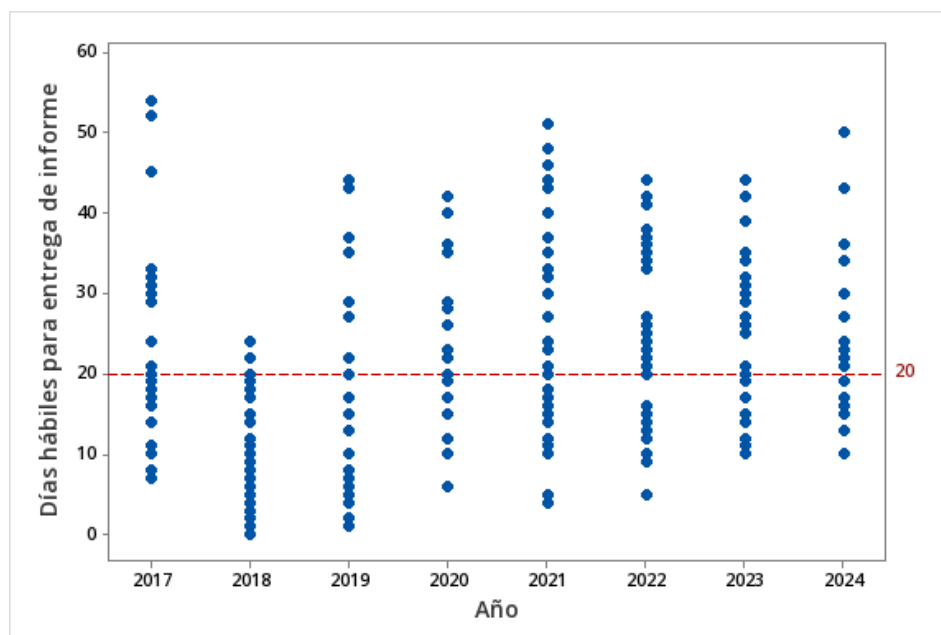
En la Figura 19, de la población de datos se excluyeron exclusivamente los informes con un tiempo de entrega mayor a 60 días debido a que se asocian a causas registradas como atípicas de retraso que se solventaron en su momento para evitar recurrencia, por ejemplo, daño de un equipo. Al realizar un análisis estadístico de los datos remanentes ($n=332$) durante el periodo 2017-2024, y aplicando la siguiente hipótesis:

H_0 : la media del proceso es igual a la especificación.

$H_0: \mu = 20$ días hábiles

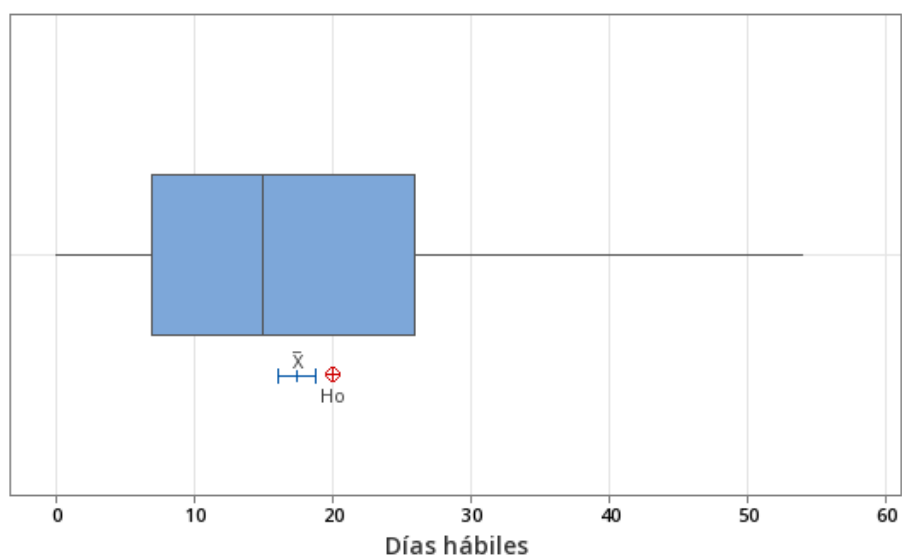
Se determinó que el promedio de entrega de informes, con un nivel de significancia del 5%, es estadísticamente diferente ($P < 0,05$) del valor meta (20 días) y corresponde específicamente a 18 días hábiles, valor que se encuentra por debajo del tiempo indicado en la promesa de entrega de servicio al cliente que corresponde en la actualidad a 20 días hábiles. Esto se muestra en la Figura 20.

Figura 19. Distribución de tiempos de entrega de informes de análisis proximales de alimentos realizados por el laboratorio de química del CITA desde el año 2017 hasta el 2024.



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Gráfico de caja para mostrar los días hábiles promedio requeridos para la entrega de informes del laboratorio en el periodo 2017-2014, con un nivel de confianza del 95% y una desviación estándar de 12,5 días.



Fuente: elaboración propia.

No obstante, este valor promedio se asoció a una desviación estándar de 12,5 días. Esta alta variabilidad se observa con claridad en la Figura 19, resaltando la importancia de implementar medidas en el proceso para reducir la variabilidad identificada o bien analizar a profundidad si el tiempo de entrega de informes actual no debe ser estándar para todos los servicios que realiza el laboratorio.

Por su parte, se procedió a calcular el valor sigma del proceso de servicios de análisis proximales en específico utilizando la Ecuación 1:

$$\text{Nivel Sigma} = [(\text{Límite superior} - \text{Valor promedio}) / \text{Desviación estándar}] \text{ (Eq. 1)}$$

Debido a que a la fecha no existe insatisfacción del cliente por el tiempo de entrega pero sí existen comentarios dirigidos a trabajar en este tema y, considerando las limitaciones y restricciones técnicas para la oferta de este servicio especializado, se estableció como límite superior el tiempo promedio máximo registrado para entrega de informes (luego de analizar un histórico de datos desde el 2017 hasta la fecha que corresponde a 27 días). Por su parte, el valor promedio utilizado corresponde al valor registrado en el último año completo laboral (2023) equivalente a 23 días y la desviación estándar máxima registrada que corresponde a 12,5 días para obtención de un valor para el nivel Sigma de **0,32**. El nivel sigma es una métrica que indica el nivel de calidad de un proceso o servicio, se representa con la letra sigma (σ) y mide la frecuencia con la que el proceso produce un resultado inaceptable para el cliente. En la metodología *Six Sigma* se requiere un nivel sigma de 6 y con el resultado obtenido se pone en evidencia que el proceso que se mide con el indicador cumplimiento de tiempo de entrega, evidencia oportunidades de mejora. Un Nivel 6 por el contrario indica que el proceso tiene una calidad tan alta que se espera que el 99,99966% de las veces el tiempo de entrega de informe corresponda con la especificación de 20 días máximo.

Seguidamente se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si el tiempo de entrega de los informes de paquetes de análisis proximal se vio influenciado por el año de ejecución del análisis y con un 5% de significancia se determinó que, en efecto, el valor promedio en el tiempo de entrega de los informes fue diferente para cada año, en la Tabla 9

se resumen los resultados. Se incluye además el rango de datos para mostrar con mayor claridad la variabilidad en los tiempos de entrega para cada año analizado.

Tabla 9. Valor promedio en el tiempo de entrega de informes de análisis proximal de alimentos ejecutados por el laboratorio de química del CITA en el periodo 2017-2014.

Año	Números de propuestas realizadas	Promedio de tiempo de entrega (días hábiles) \pm intervalo de confianza al 5% de significancia*	Rango (Valor mínimo-valor máximo, en días)
2017	23	25 \pm 5^a	7-54
2018	114	7 \pm 1^c	1-22
2019	27	15 \pm 2^b	1-43
2020	22	22 \pm 4^{ab}	6-42
2021	37	27 \pm 5^a	4-51
2022	44	23 \pm 3^a	5-44
2023	42	21 \pm 3^{ab}	10-44
2024	23	25 \pm 4^a	10-50

*Letras diferentes en la columna muestran valores estadísticamente diferentes ($P < 0,05$) luego de realizar una prueba de comparación de medias de Tukey. En color rojo se señalan los tiempos promedios que superan el tiempo establecido en el compromiso al cliente.

Fuente: elaboración propia.

En los resultados mostrados en la Tabla 9 sobresale que históricamente el laboratorio ejecuta entre 23 y 44 análisis proximales al año, no obstante, en el año 2018 se presentó un aumento sustancial en la demanda del servicio casi triplicando la demanda promedio registrada para el resto de los años analizados y este comportamiento alerta sobre la necesidad de preparar medidas de contingencia para enfrentarse a un alza de la demanda del servicio. Al respecto, es importante destacar que en el año 2018 también se realizaron más análisis a nivel interno para investigación (5257) y se recibieron más muestras (854) que en el resto de los años del periodo 2018-2021. Este detalle es de particular relevancia pues sugiere que el laboratorio se

enfrentó en ese año a un aumento importante de la demanda de forma general, tanto en la atención de solicitudes de clientes externos como clientes internos de la organización.

Contradictoriamente, en el 2018 el tiempo promedio de entrega de informes fue el más reducido. Sin embargo, es importante considerar factores que influyeron en este tiempo de entrega como por ejemplo que durante ese año se realizaron pagos de horas extras a los analistas. Asimismo, el laboratorio no se dedica exclusivamente a realizar este servicio de análisis y por tanto puede que otros años el laboratorio se encontrara sobrecargado con otros servicios diferentes a los incluidos en el paquete de análisis proximal, influyendo esto de forma global los tiempos de entrega. Captura particularmente la atención que al observarse la Figura 17 se rescata que el año 2018 se recibieron más muestras que otros años y la cantidad de análisis realizados superó casi el doble del valor registrado para otros años; asimismo, ese año se obtuvo el porcentaje más bajo de cumplimiento de tiempos de entrega de informes de servicios realizados a clientes externos (Figura 18). Estos hallazgos sugieren que la medida de pago de horas extras en ese periodo impactó de forma importante el tiempo de entrega de los informes asociados a análisis proximales para clientes externos y por tanto se refuerza la relevancia de analizar el contexto y los factores que influyen en el desempeño del laboratorio y no únicamente analizar el indicador de forma aislada.

Por otra parte, eliminando el factor año de ejecución del ensayo, se procedió a ejecutar un análisis de variancia pero enfocado en analizar si el tipo de muestra influye significativamente en el tiempo de entrega de informes, esto considerando que para unas muestras (alimentos con un contenido de grasa mayor al 5%) se requieren 8 análisis mientras que para otras (alimentos con menos de 5% de grasa) el paquete de análisis proximal solo incluye 7 análisis; esto dependiendo del contenido de grasa de la muestra. Se determinó con un 5% de significancia que efectivamente el tipo de muestra y en consecuencia el número de análisis por muestra influye significativamente en el tiempo de entrega de un informe de análisis proximal. Los resultados se muestran en la Tabla 10. Es importante resaltar que para este análisis si utilizó la población de datos que representa 332 propuesta analizadas, las cuáles se dividen en 158 muestras con un contenido de grasa mayor al 5% y el remanente (174) a muestras con menos de un 5% de grasa.

Tabla 10. Valor promedio en el tiempo de entrega de informes de análisis proximal de alimentos ejecutados por el laboratorio de química del CITA en el periodo 2017-2024 según el número de análisis realizado por muestra.

Tipo de muestra	Número de análisis por muestra	Números de propuestas (N)	Tiempo de entrega (días hábiles)*
Contenido de grasa > 0,5 g /100 g	8	158	27,49 ^a
Contenido de grasa < 0,5 g /100 g	7	174	15,04 ^b

*Letras diferentes en la columna muestran valores estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

Fuente: elaboración propia.

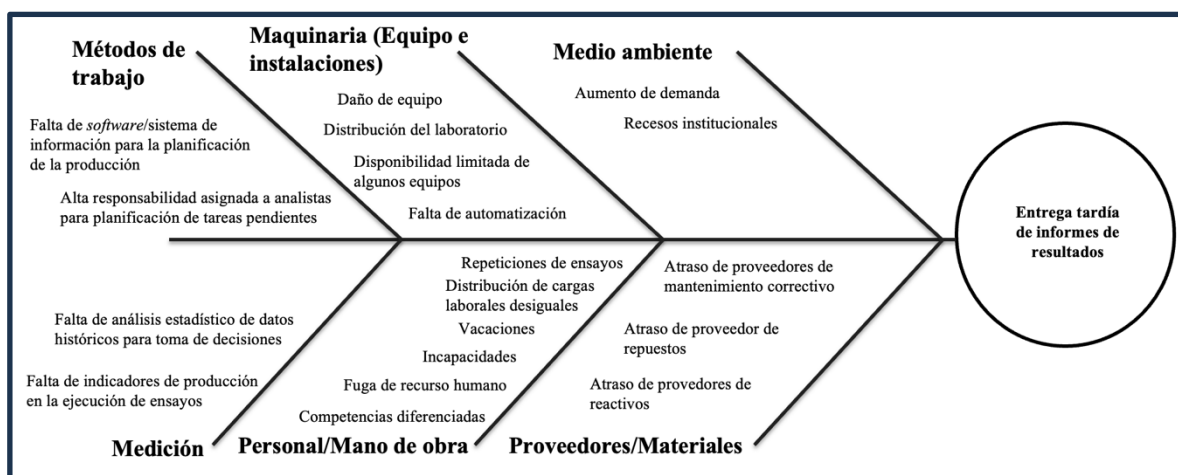
Del análisis mostrado en la Tabla 10 sobresale un hallazgo importante y es que el tiempo de entrega de un informe sí depende del tipo de muestra analizada o bien del número de análisis realizados por muestra, nótese que se observa una diferencia superior a 10 días hábiles y por tanto se confirma la necesidad valorar el tiempo de entrega de informes actual dado que el historial de datos confirma que el laboratorio deberá destinar en promedio un tiempo mayor, e incluso de antemano se conoce que supera 20 días hábiles, cuando se ofrece un paquete de análisis proximal para muestras con un contenido mayor a 0,5 g de grasa /100 g de muestra.

Finalmente, se realizó un análisis estadístico de los datos de tiempo de entrega desde el año 2016 hasta diciembre, 2024, incluyendo la totalidad de servicios ofrecidos a nivel externo y no solo los análisis proximales; para un $n=4780$ propuestas (POT) y se confirmó que, independientemente del número de análisis por POT, el valor promedio histórico de entrega de informes corresponde a 29 ± 37 días, este dato reafirma la importancia de trabajar en proyectos de mejora para reducir los tiempos de entrega de los informes. Además, la elevada variabilidad antes indicada, expresada en términos de desviación estándar, confirma que un tiempo de entrega de informe personalizado, contemplando el perfil de la solicitud del cliente, puede contribuir al ajuste y mejora de los procesos del laboratorio. Cabe destacar que, se aplicó un análisis de regresión lineal, considerando el número de análisis por propuesta como variable independiente y el tiempo de entrega de informes como variable respuesta y se

determinó que el coeficiente de correlación entre estas variables (R ó coeficiente de correlación de Pearson) corresponde a 0,24, lo cual significa una asociación débil entre las variables. Este dato indica que solo un 24% de la variación en los tiempos de entrega de informes de resultados a clientes externos se debe al número de análisis que se solicitan en una propuesta, confirmando en consecuencia que son otras las causas de la variabilidad y atrasos en los tiempos de entrega.

Para comprender los resultados obtenidos, se diseñó un diagrama de Ishikawa basado en información obtenida a través de revisión de informes de revisión por la dirección históricos y entrevista con los analistas (se entrevistaron la totalidad de los analistas que ejecuta algún análisis dentro del paquete proximal de alimentos y la Gerencia y Subgerencia técnica del laboratorio), con la intención de resumir las posibles causas que influyen en la entrega tardía de informes a los clientes. La información se detalla en la Figura 21.

Figura 21. Diagrama de Ishikawa con factores que influyen en la entrega tardía de un informe de resultados para servicios ofrecidos por el laboratorio de química del CITA.



Fuente: elaboración propia.

De la figura 21 se deriva la importancia de trabajar en estrategias asociadas a la gestión del recurso humano y de prestar especial atención a la gestión de proveedores.

4.1.3. Aplicación de herramienta para identificar el grado de cumplimiento de los requisitos de un sistema OPEX

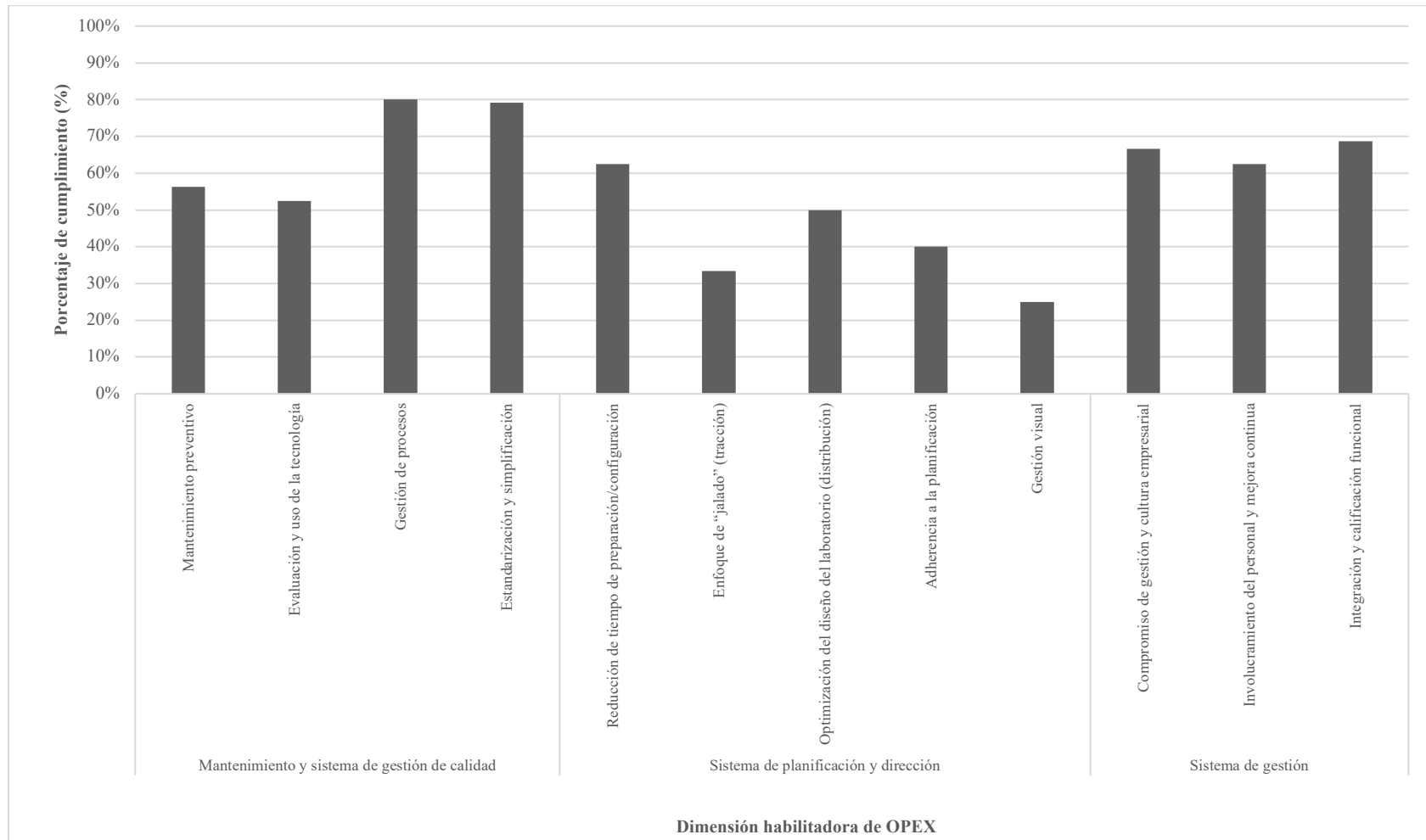
Se aplicó la herramienta diagnóstico del grado de operacionalización de las dimensiones habilitadoras de OPEX en el laboratorio sugerida por Köhler et al., (2019 con modificaciones. Los resultados de la aplicación de esta herramienta se detallan en el Anexo 1 y el resumen de hallazgos se incluye en la Figura 22. En esta figura se dividen los resultados según las tres dimensiones habilitadoras fundamentales de un sistema OPEX para un laboratorio, a saber: mantenimiento y sistema de gestión de calidad, sistema de planificación y dirección y sistema de gestión.

Destaca en la Figura 22 que los únicos elementos con un 70% o superior de cumplimiento corresponden a la categoría de mantenimiento y gestión de calidad, lo cual se explica con el hecho de que el laboratorio trabaja bajo un sistema robusto y maduro de gestión de la calidad basado en la norma 17025:2017. Asimismo, el porcentaje de cumplimiento en los elementos propios del sistema de gestión se posicionan en segundo lugar en función con valores muy cercanos al 70% en el que se visualizan oportunidades de mejora particularmente en el tema de involucramiento del personal para la mejora continua. No obstante, la dimensión habilitadora que denota mayores oportunidades de mejora corresponde al sistema de planificación y dirección. En esta línea, la herramienta aplicada evidenció la necesidad de reforzar elementos propios de un sistema de gestión operacional cuya implementación es muy incipiente en la organización como por ejemplo optimización del diseño del laboratorio (*layout*), ajuste de la programación a un enfoque de “jalado”/tracción, adherencia a la planificación y la gestión visual de resultados.

Los números y los niveles no siempre explican claramente toda la historia de desempeño de una organización y por tanto, la literatura sugiere visualizar los modelo de madurez utilizando gráficos radar (Palomäki, 2020). Con esto en consideración, se crearon gráficos radar. En las Figuras 23, 24 y 25 se muestra los elementos que requieran mejora para las diferentes dimensiones habilitadoras analizadas. Este análisis se realizó para el planteamiento de la propuesta del sistema OPEX que se describe en el capítulo 5 de este documento. Cabe destacar que en estas figuras, una línea en el exterior/contorno de la Figura denota

cumplimiento de los requisitos mientras una línea o punto que se aleja de la periferia o 100% de cumplimiento, evidencia oportunidades de mejora a implementar; siendo mayor conforme se acerca al centro de la figura geométrica, punto correspondiente al 0% de cumplimiento.

Figura 22. Grado de cumplimiento actual del laboratorio del CITA de las dimensiones habilitadoras de un sistema OPEX.



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Grado de cumplimiento del laboratorio de química del CITA de la dimensión de mantenimiento y sistema de gestión de calidad para la implementación de un sistema OPEX. A) Mantenimiento preventivo; B) Evaluación y uso de la tecnología; C) Gestión de procesos; D) Estandarización y simplificación.

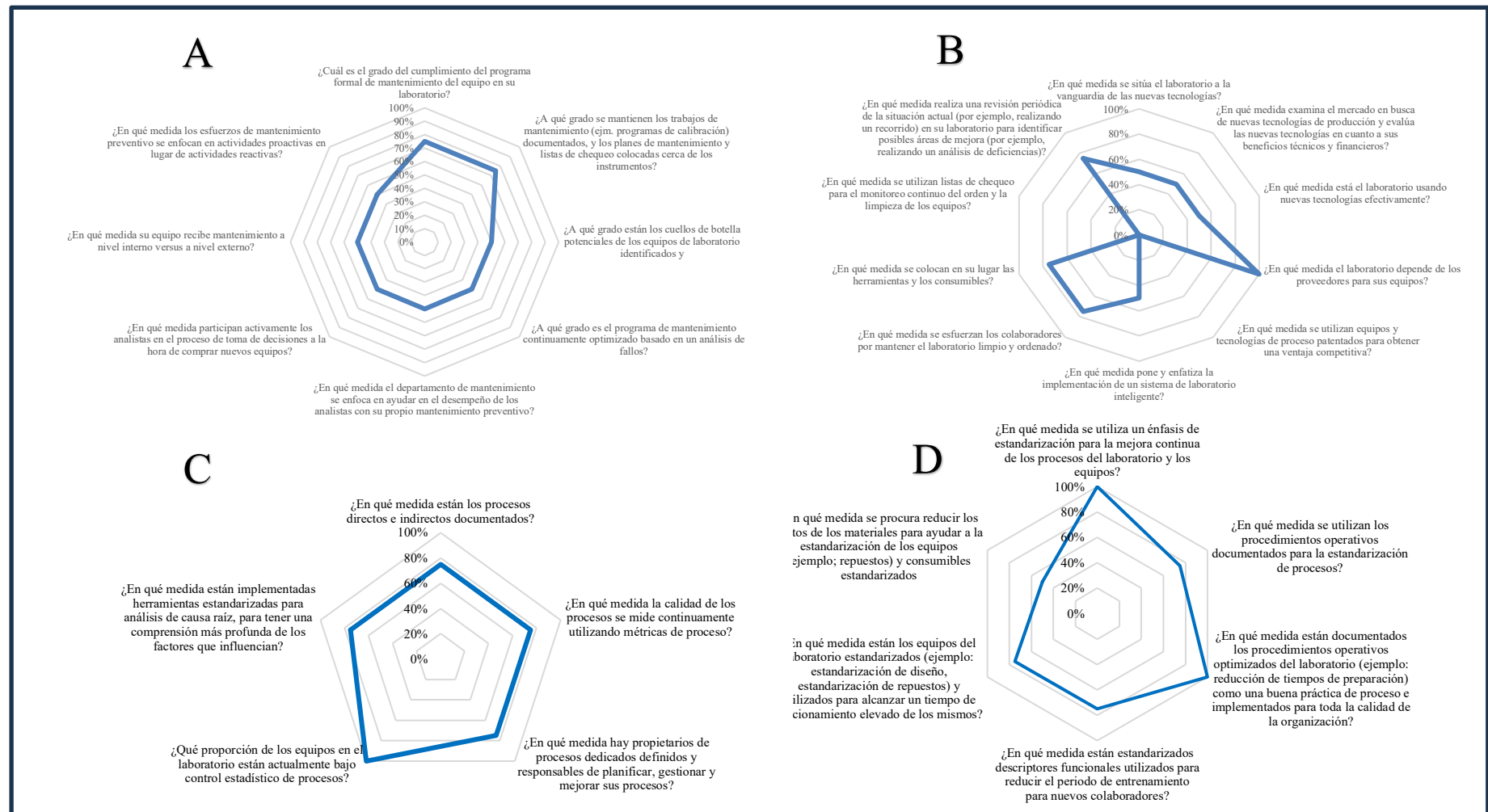


Figura 24. Grado de cumplimiento del laboratorio de química del CITA de la dimensión de planificación y dirección para la implementación de un sistema OPEX. A) Reducción y tiempo de preparación; B) Enfoque de “jalado”; C) Optimización del diseño del laboratorio; D) Adherencia a la planificación.

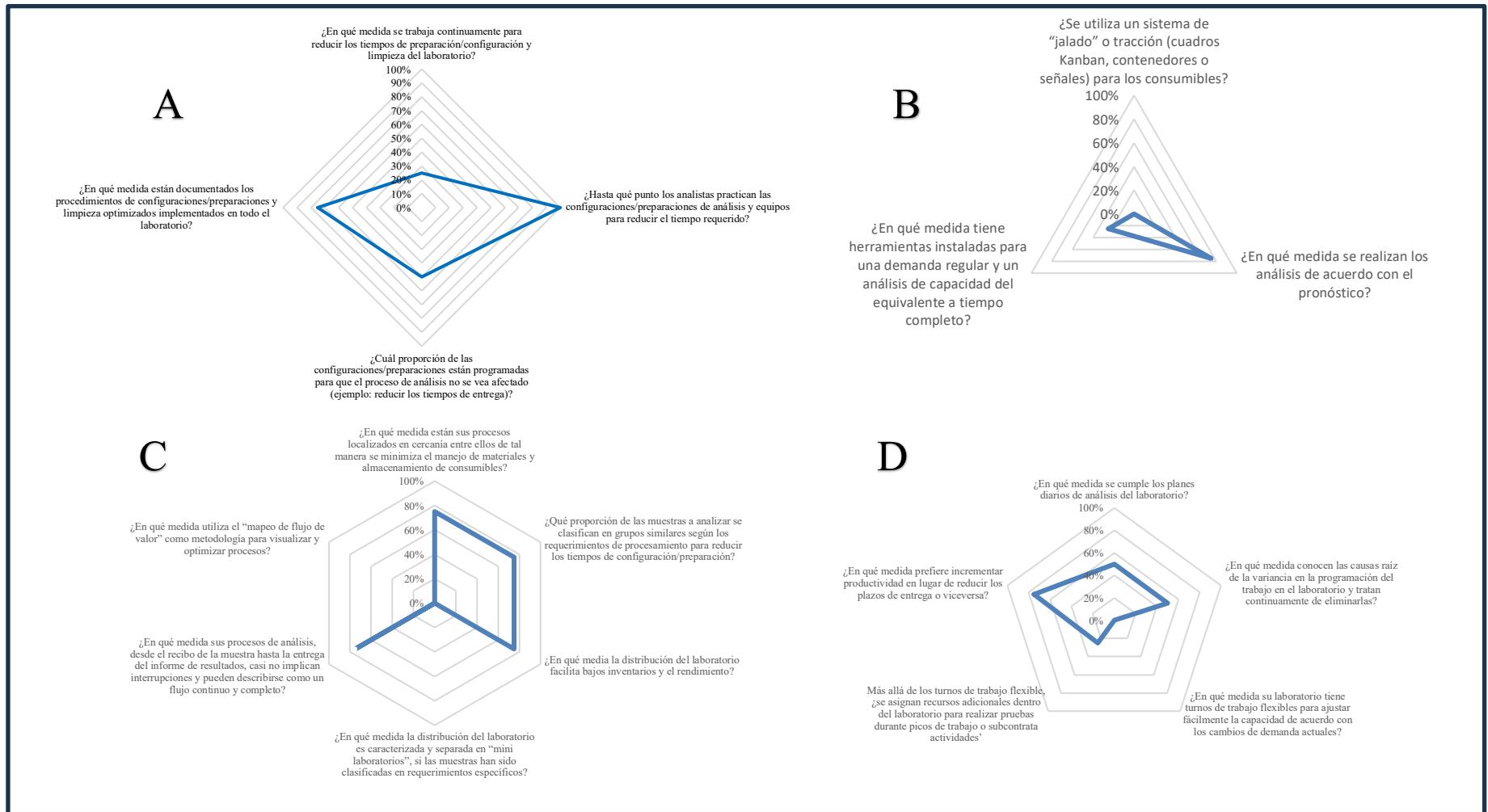
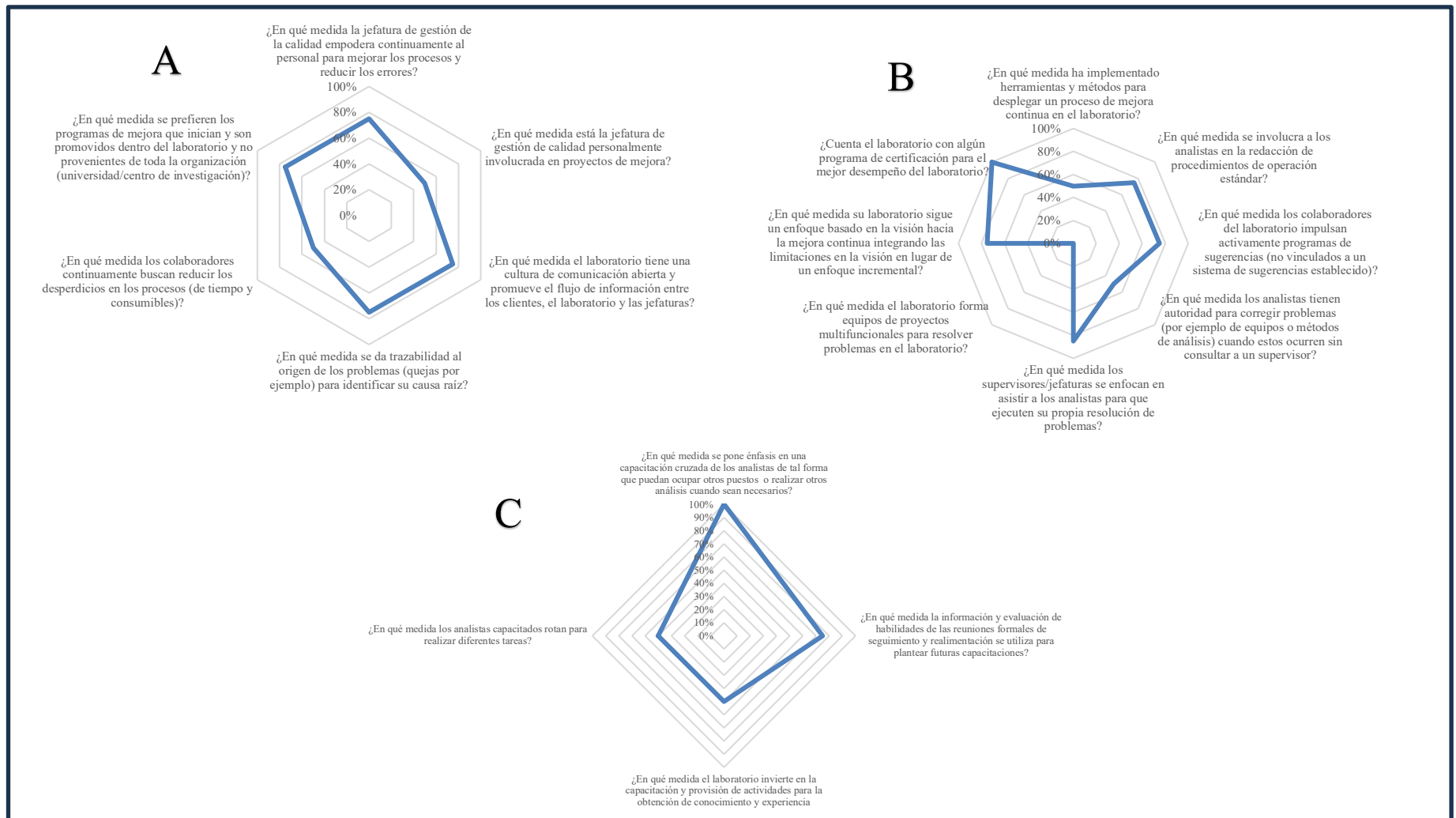


Figura 25. Grado de cumplimiento del laboratorio de química del CITA de la dimensión de sistema de gestión para la implementación de un sistema OPEX. A) Compromiso de gestión y cultura empresarial; B) Involucramiento del personal y mejora continua C) Integración y calificación funciona.



En esta fase de diagnóstico, producto de la aplicación de la herramienta seleccionada, se identificaron los siguientes hallazgos en las diferentes dimensiones habilitadoras:

Mantenimiento preventivo:

1. Limitado abastecimiento de repuestos/alternativas para todos los equipos que representan un cuello de botella.
2. Limitado análisis de fallas de equipos para replantear la programación de las actividades de mantenimiento preventivo.
3. Limitada capacitación a los analistas para realizar actividades de mantenimiento preventivo o identificar señales que sugieran que se requiere la intervención del equipo para revisión y mantenimiento preventivo.
4. Limitada participación de analistas en los procesos de compras de nuevos equipos.

Evaluación y uso de la tecnología:

1. Identificación no sistematizada de las tecnologías de vanguardia que permitan aumentar la productividad del laboratorio.
2. Exploración limitada y no sistematizada de alternativas para la migración hacia un laboratorio de operación “inteligente”.
3. Algunos mecanismos para monitoreo de orden y limpieza de equipos requieren ser diseñados o actualizados.
4. Planificación limitada de revisiones periódicas para identificar oportunidades de mejora en los procesos.

Gestión de procesos:

1. Existencia de procedimientos claves para la oferta del servicio que requieren ser generados o modificados.
2. Métricas estandarizadas limitadas para el control de procesos que permitan identificar si se requieren modificaciones o inclusión de nuevos indicadores.

Estandarización y simplificación:

Equipos no estandarizados a nivel de diseño y repuestos y necesidades de identificar medidas a implementar para lograr el máximo tiempo de funcionamiento de los mismos.

Reducción de tiempos de preparación/configuración:

Procedimientos de preparación de muestras (previo a los análisis) y etapas de configuración de equipos que requieren ser revisadas y documentadas de tal forma que se puedan identificar oportunidades de mejora para reducir los tiempos asociados a estas operaciones.

Enfoque de jalado “tracción”

1. Ausencia de sistema de “jalado” o tracción (cuadros Kanban, contenedores o señales) para programar la solicitud de los consumibles; considerando además el pronóstico de la demanda.
2. Limitados instrumentos y métricas para analizar la demanda y la capacidad equivalente a tiempo completo del laboratorio.

Optimización del diseño del laboratorio (distribución):

1. Necesidad de clasificar los grupos de muestras similares, según requerimientos de procesamiento, para reducir los tiempos de preparación.
2. Procesos de análisis, desde el recibo de la muestra hasta la entrega del informe de resultados, que requieren reestructuración para que casi no impliquen interrupciones y pueden describirse como un flujo continuo y completo.
3. Ausencia de mapeo de flujo de valor como metodología para visualizar y optimizar procesos.

Adherencia a la planificación:

1. Razones aún no identificadas en su totalidad del porqué no se cumple la programación diaria. Falta de indicadores para el monitoreo de la programación diaria y semanal.
2. Causas raíz de la variancia en la programación del trabajo en el laboratorio no identificadas en su totalidad.
3. Pendiente exploración de la posibilidad de asignar recursos adicionales dentro del laboratorio o subcontratar actividades para realizar pruebas durante picos de trabajo.

4. Identificación pendiente del aumento de productividad requerido para cumplir con los tiempos de entrega de informes de resultados.

Gestión visual:

Uso no sistematizado, consistente y periódico de gráficos de desempeño para mostrar el cumplimiento de los objetivos y los indicadores claves de desempeño a todo el personal.

Compromiso de gestión y cultura empresarial

1. Involucramiento limitado de todo el personal y la jefatura de gestión de calidad en los procesos de mejora del laboratorio.
2. Trabajadores con capacitación reducida para identificar desperdicios en sus procesos e implementar acciones de mejora de forma independiente.

Involucramiento del personal y mejora continua

Se identifica la necesidad de involucrar a los analistas en el planteamiento y ejecución de proyectos de mejora continua, otorgando autoridad para resolver algunos problemas y procurando que el trabajo sea ejecutado en equipos multidisciplinarios.

Integración y calificación funcional:

Se requiere de la identificación de las oportunidades de capacitación requeridas para el aumento de las habilidades y experiencia en el personal y propiciar que analistas capacitados roten en sus roles para que otros puedan alcanzar niveles más elevados en su formación y desempeño.

4.1.4. Ejecución de *focus group* para identificación de causas de atraso en entrega de informes y alta variabilidad en estos tiempos de entrega.

Según las etapas previas del diagnóstico realizado y considerando exclusivamente los análisis proximales para servicio externo realizados del 2017 a la fecha, se confirmó que la variabilidad en el tiempo de entrega es elevada (Figura 20), alcanzando valores de desviación estándar de hasta 12,5 días. Al respecto, se sugiere trabajar bajo el enfoque *Six Sigma* para reducir esta variabilidad. *Six Sigma* tiene como objetivo identificar y eliminar la variabilidad

para garantizar procesos estables y consistentes. Su poder radica en el enfoque en la “voz del cliente” y el desarrollo y uso de herramientas basadas en datos para identificar y presentar el “estado actual” de los procesos, facilitando la identificación de la variabilidad y sus consecuencias y para este fin se trabaja bajo la metodología DMAIC, por sus siglas en inglés (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) y, a menudo, herramientas estadísticas avanzadas durante la fase de análisis. Se adapta mejor a problemas específicos que se ejecutan como proyectos (Ahmed et al., 2024) como es el caso de esta oportunidad identificada en el laboratorio.

De forma complementaria, la metodología *Lean* se centra principalmente en las personas y busca empoderar a los colaboradores (en todos los niveles) para realizar cambios continuos aprendiendo a ver el "desperdicio" en sus procesos (Ahmed et al., 2024). Para identificar las causas de la variabilidad observada se procedió entonces a utilizar una estrategia bajo un enfoque *Lean Six Sigma* combinando los dos elementos antes indicados, se aplicó la técnica la herramienta de *Focus Group* con 3 analistas del laboratorio con diferente experiencia y trayectoria (dos mujeres y un hombre) y la subgerencia técnica del laboratorio, para un total de 4 participantes. Los participantes están dentro del rango de edad de 32 a 40 años y la distribución de género fue en su mayoría mujeres, ambas condiciones reflejan la realidad actual del personal que trabaja en el laboratorio a nivel de distribución de género, edad, experiencia y competencias.

Sobre el número de participantes del *focus group*, es importante mencionar previamente en la literatura se ha respaldado el uso de grupos focales muy pequeños denominados “minigrupos focales”, que incluyen 3 (Morgan, 1997) o 4 (Krueger, 1994) participantes. Esto se recomienda aplicar cuando los participantes tienen conocimientos y/o experiencias especializados para discutir en el grupo, con es el caso de los colaboradores de los participantes.

Un *focus group* corresponde a una técnica de análisis cualitativo con múltiples aplicaciones que implica el uso de entrevistas a profundidad en las que los participantes son seleccionados porque son intencionales, aunque no necesariamente representativos de una población

específica. Los participantes se seleccionan considerando que todos tendría algo que decir sobre el tema, están dentro del rango de edad, tienen características sociales similares y se sienten cómodos hablando con el entrevistador y entre ellos (Rabiee, 2004). Esta herramienta fue seleccionada sobre otras debido a que son más útiles y menos costosas que las entrevistas individuales porque revelan una amplia gama de creencias y experiencias de los participantes a través de una interacción moderada (Mbous et al., 2024). Los grupos focales son menos amenazantes para muchos participantes de una investigación y este entorno es útil para que dichos participantes discutan percepciones, ideas, opiniones y pensamientos en torno a un tema en específico seleccionado (Krueger y Casey, 2000). Existen reportes del uso de esta técnica desde el año 1920.

Los grupos focales tienen múltiples beneficios al tratarse de un método económico, rápido y eficiente para obtener información de alto valor de múltiples participantes en simultáneo (Krueger y Casey, 2000). Asimismo, facilita el sentimiento de pertenencia a un grupo, el cual puede reforzar el sentido de cohesión de los participantes y ayudarles a sentirse seguros para compartir información. Por su parte, las interacciones que ocurren entre los participantes permiten discutir sobre un problema desde una perspectiva personal y con esto facilitar que se proporcionen soluciones factibles (Onwuegbuzie et al., 2009).

La selección de los participantes del *focus group* respondió a los siguientes criterios:

1. Se requería de la participación de al menos un representante de la línea de autoridad en el laboratorio. Por esta razón se incluye a la Subgerencia Técnica del laboratorio, quien además representa la contraparte de la institución en este proyecto. Esta representante es especialista en química, conoce a cabalidad el sistema de gestión de calidad existente y cuenta con la información necesaria para definir si un cambio es factible, basado en los objetivos, presupuesto, personal y competencias del laboratorio y el personal colaborar.
2. Se requería que los analistas que participaran ejecutaran diferentes análisis en el paquete de análisis proximal. Por tanto, dos de los analistas seleccionados (en equidad de género) ejecutan diferentes análisis en el paquete de análisis proximal de

alimentos. Análisis que además se caracterizan por diferente complejidad y abordando tanto análisis que se realizan para muestras con menos del 5% de grasa que análisis para muestras con un contenido de grasa superior a este valor.

3. Los analistas participantes debían tener diferente experiencia y trayectoria en el laboratorio y por tanto el grupo incluye al analista con mayor experiencia y años de trabajar en el laboratorio que está involucrado en la actualidad en ejecución de análisis del paquete de análisis proximal (persona con mayor cantidad de responsabilidad en la oferta de los paquetes de análisis proximales) y a una analista de contratación más reciente que incluso ejecuta otros análisis no vinculados a los paquetes de análisis proximal pero que está en proceso de capacitación para colaborar en la ejecución de estos paquetes.

En esta actividad se explicaron los conceptos básicos de OPEX y se planteó un proceso de discusión para identificar las posibles causas del atraso y la variabilidad en los tiempos de entrega de informes a clientes externos además de las oportunidades de mejora. La guía del *focus group* aplicada se muestra en el Anexo 2 y la actividad tuvo una duración de 1 hora. La ejecución de esta actividad se realizó siguiendo la metodología propuesta por Rabiee (2004). En este grupo focal, las principales preguntas de investigación fueron:

1. Según los analistas ¿cuáles son las causas de la variabilidad y atrasos en los tiempos de entregas de informes?
2. ¿Qué tipo de medidas de mejora de la calidad proponen como factibles y motivadoras para reducir la variabilidad en los tiempos de entregas de informes y reducir el porcentaje de incumplimiento en fecha de entrega además de reducir la variabilidad en los tiempos de entrega?

Los resultados obtenidos se reportan en la Tabla 11. El orden de aparición se basa en la frecuencia con la que la causa fue reportada por los participantes del grupo focal.

Tabla 11. Causas potenciales de la entrega a destiempo y variabilidad en tiempos de entrega de informes a clientes externos.

Número	Posibles causas del atraso y alta variabilidad en tiempos de entrega de informes
1	Recurso humano limitado. Alta carga de trabajo por alta demanda.
2	Alta diversidad de análisis (catálogo amplio de servicios).
3	Disponibilidad de equipos con diferente capacidad a nivel de número de muestras y cantidad de tiempo requerido para concretar el análisis (ejemplo: equipos para determinación de grasa por extracto etéreo).
4	Incapacidades pueden ocasionar recargo de trabajo en otro analista o atrasos.
5	Vacaciones pueden ocasionar recargo de trabajo en otro analista o atrasos.
6	Equipos detenidos: fallos, mantenimiento.
7	Rotación limitada de los analistas en los ensayos (rotan de funciones una vez al año).
8	Faltante de algunos insumo para ejecución de análisis.
9	Diversidad en las competencias de los analistas (no todos pueden hacer las mismas tareas de la misma forma).
10	Choque de analistas en el uso de un mismo equipo (ejemplo: en calentadores y en capilla de flujo laminar).
11	No se tiene estandarizado cómo abordar los tiempos de espera para los diferentes análisis (etapas de reposo, enfriamiento, pre calentamiento, temperado, etc.).
12	Cambio de personal (rotación).
13	Falta de asistencia técnica para preparar los insumos y agilizar los análisis.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados reportados en la Tabla 11 coinciden en su mayoría con las causas reportadas en la Figura 21, sin embargo sobresale que aparecen otras posibles causas no contempladas desde una visión general del problema, pero que resultaron evidentes para los analistas. Confirmando que involucrar a todo el personal en los proyectos de mejora es en definitiva un paso a seguir en la implementación del sistema de excelencia operacional para el laboratorio. En esta actividad se analizaron las percepciones, sugerencias y cambios propuestos que ayudaron a establecer una propuesta de solución al reto planteado. Para completar el ciclo DMAIC, el laboratorio debe evaluar la factibilidad de implementar las acciones sugeridas (detalle incluido en el apartado de validación).

Para el análisis de las opiniones recibidas se aplicaron diferentes técnicas documentadas en la literatura tales como “Análisis de comparación constante”, “Análisis clásico de contenido” y “Análisis de discurso”, esto basado en una transcripción del audio recopilado. Cabe

mencionar que no se aplicó una ponderación cuantitativa de las opiniones según su frecuencia de aparición en la discusión debido a que la literatura indica que a pesar de que los recuentos descriptivos simples de categorías ofrecen información muy útil a nivel de consenso/disenso y de patrones de respuesta entre los miembros del grupo focal; no debe perderse de vista que la mayoría o incluso todos los miembros del grupo focal expresan un punto de vista particular, una única opinión en la discusión puede ser disruptiva y única pero representar la solución creativa a una causa raíz, siendo lamentable que se desestime por ponderarse numéricamente como poco importante o convincente (Onwuegbuzie et al., 2009).

4.2. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE SISTEMA OPEX

4.2.1. Requerimientos previos a la implementación del sistema OPEX

Previo al planteamiento del sistema OPEX, se establecieron algunos requerimientos para solventar las oportunidades de mejora identificadas en el diagnóstico. En estas recomendaciones se utilizan elementos de la metodología *Lean Six Sigma*, al enfatizar en el método **definir-medir-analizar-mejorar-controlar** para mejorar los procesos y reducir errores. Este es un enfoque basado en datos para encontrar oportunidades mediante análisis estadístico, garantizar que los proyectos tengan suficientes recursos y desarrollar una disciplina en los procesos a través de un modelo reproducible; incorporando herramientas de control de procesos estadísticos, indicadores clave de desempeño (KPI) y sistemas de evaluación comparativa en el tiempo (Kobi, 2024). Por su parte, también se consideran elementos de *Lean Services Managment* al enfocarse en la eficiencia y mejora constante por medio de la planificación del flujo de valor, la gestión visual, los procesos justo a tiempo, las prácticas de trabajo estándar y la eliminación del desperdicio (Kobi, 2024). A continuación, se detallan las recomendaciones propuestas a la organización:

Medios de pago: explorar la posibilidad de aumentar los medios y plataformas de pago para facilidad de los clientes. Algunas alternativas sugeridas son el uso del Sistema Nacional de Pagos Electrónicos (SINPE Móvil) y vínculo en línea para pago electrónico con tarjeta de crédito o débito; este último es un recurso que ya utiliza la Fundación UCR, órgano responsable de la gestión administrativa y financiera de programas, proyectos y actividades

de vínculo externo remunerado de la Universidad de Costa Rica. Al respecto, los usuarios sensibles a la tecnología (primeros en adoptar), utilizan sus teléfonos y dispositivos inteligentes no sólo para comunicarse sino también para realizar compras y transacciones bancarias, las transacciones financieras tradicionales en los países desarrollados se han trasladado a plataformas móviles y los teléfonos inteligentes se han convertido en las herramientas más utilizadas para pagos móviles; eliminando la característica física del pago. En el año 2020, más de un tercio de los usuarios de Internet en todo el mundo utilizaron servicios de pago móvil y esto refuerza la importancia de su adopción (Eren, 2024). Se observa una tendencia creciente hacia las transacciones digitales en la economía global y por tanto, se requiere la adopción de herramientas más creativas y compatibles para abordar los problemas económicos contemporáneos (Razavi Hajiagha et al., 2024).

Asignación de responsabilidades: considerando la formación, experiencia y competencias del analista responsable de ejecutar más del 50% de los análisis vinculados al servicio de análisis proximal, servicio que se ofrece con mayor frecuencia en el laboratorio a clientes externos, es fundamental que el laboratorio tome las medidas necesarias para prepararse para responder de forma oportuna ante el caso de requerir una sustitución parcial o completa de este analista. La pérdida potencial de este analista representa un riesgo importante para este laboratorio y puede impactar la oferta de servicios de la unidad. La teoría del capital humano sostiene que cuando las personas aumentan su productividad y eficiencia a través de más educación y capacitación, se desarrolla más valor económico y, como resultado, se conduce a una “movilidad económica” para los trabajadores. Ejemplos de teoría del capital humano incluyen habilidades sociales (comunicación y habilidades interpersonales), educación, habilidades técnicas específicas del trabajo, creatividad y habilidades para resolver problemas (Bumblauskas et al., 2024). Este aumento en el valor del recurso humano también aumenta la posibilidad de fuga personal altamente capacitado y por tanto es responsabilidad de la organización tomar las medidas necesarias para enfrentar dicho riesgo.

Programación de actividades/planificación de la producción: se recomienda la asignación más específica de responsabilidades en tiempos más restringidos de tal forma que se disponga de una planificación más estructurada, sistematizada y eficiente de los servicios ofrecidos. El

Institute for Operational Excellence ha definido OPEX como “una situación en la que el personal pueden prevenir y reparar sus fallas”. OPEX considera elementos de cultura, mejora continua de procesos, alineación empresarial y resultados (Razavi Hajiagha et al., 2024). En este sentido, asignar la responsabilidad de programación al personal puede estar alineado a esta filosofía, considerando que el personal estaría en una búsqueda continua de la calidad, eficiencia y eficacia en la organización lo cual, se traduce en un aumento de la productividad y la reducción de costos (Razavi Hajiagha et al., 2024). No obstante, a la fecha no se han realizado evaluaciones sistemáticas para definir si el personal se encuentra alineado a esta filosofía de trabajo integrando elementos de mejora continua para aumento de su productividad. Algunas etapas deben ser valoradas, como por ejemplo el tiempo total destinado al fraccionamiento de algunas muestras pues actualmente supera el tiempo total asociado a su análisis y es equivalente al tiempo disponible para realizar una repetición de un ensayo en caso de inconsistencia o problemas de calidad en una determinación. Este tiempo resulta no proporcional al tiempo destinado a otras tareas de mayor complejidad y su optimización podría significar la reducción del tiempo total requerido para concluir un servicio.

Delimitación de tiempo para entrega de informes de resultados: dada la diversidad de análisis y posibilidades de solicitudes además de la alta variabilidad en la demanda, se sugiere explorar la posibilidad de asignación de tiempo de entrega de informes considerando la naturaleza de la solicitud. La literatura reporta tres tipos de acuerdos de nivel del servicio (*service level agreement*, SLA): (1) SLA basado en el cliente; (2) SLA basado en el servicio y (3) SLA multinivel. En el primero se considera las necesidades, características y expectativas del cliente en particular y se llega a un acuerdo personalizado; en el segundo se ofrece un acuerdo con el cliente ligado al servicio (este es el sistema utilizado actualmente en el laboratorio) y en el tercero se combinan los acuerdos basados en el cliente y otros basados en el servicio. Este último podría ser el más recomendado para el laboratorio, considerando que algunos servicios, por su complejidad, pueden ser realizados en menos de 48 h mientras que otros, por la cantidad de análisis requeridos o números de muestra, requerirá más de 20 días hábiles para su conclusión. Los SLA delimitan la calidad de los servicios que el proveedor se compromete a cumplir a través de varios términos y

condiciones, incluyendo el plazo de conclusión de un servicio. Sin embargo, la complejidad de su emisión y gestión puede ser alta dependiendo de los volúmenes de contratos, tipos de servicios y clientes. El uso de herramientas de la industria 4.0 como por ejemplo *Blockchain* ofrece características inherentes como alta automatización y escalabilidad, transparencia, confianza, inmutabilidad, entre otros que podrían ser particularmente beneficiosos para la gestión de SLAs (Aryal et al., 2024). La inclusión de elementos que permitan la delimitación de fechas de entrega de resultados a los clientes resulta fundamental en la adopción de esta recomendación.

Con los datos analizados en el diagnóstico (Figura 9 y Tabla 10) y sin aplicar ninguna modificación en los procesos actuales, se puede definir por ejemplo que para propuestas con un máximo de 12 muestras para las que se solicite ejecutar un análisis proximal de alimentos con menos del 0,5% de grasa se puede mantener el compromiso de entrega actual de informe a 20 días hábiles (con la posibilidad de reducir este tiempo incluso hasta 16 días hábiles, valor promedio redondeado del tiempo actual de entregas de informes para muestras de esta naturaleza) mientras que para solicitudes con más de 6 muestras con alimentos que contienen más de 0,5% de grasa, el tiempo de entrega de informe para análisis proximal debe aumentarse a un mínimo de 28 días hábiles (valor superior próximo al promedio registrado en la Tabla 10). Un análisis similar puede realizarse para otros análisis considerando la vasta cantidad de datos históricos que tiene el laboratorio de química del CITA.

Incorporación de herramientas de industria 4.0 para la mejora de los procesos: un ejemplo puntual es la creación de un *chatbot* con inteligencia artificial (IA) para responder consultas frecuentes de los clientes externos en temas tales como precios de los análisis, cantidad de muestra requerida por análisis, tiempo de entrega de informes y otros aspectos generales. El servicio al cliente basado en IA está transformando la forma en que las empresas interactúan con sus clientes brindando un soporte eficiente, personalizado y proactivo (Inavolu, 2024). Las tecnologías de interacción con el cliente son vitales en el servicio al cliente moderno dado que facilitan la comunicación directa con los clientes. Estas tecnologías mejoran significativamente la eficiencia y la calidad de las interacciones con los clientes, ofreciendo soporte inmediato y mejorando la satisfacción general del cliente (Inavolu, 2024).

Los *chatbots* o asistentes virtuales asistidos por IA tiene la capacidad de brindar atención al cliente oportuna y eficiente, reduciendo la necesidad de intervención humana; con la ventaja adicional de que pueden atender consultas las 24 horas del día, garantizando una asistencia oportuna (Inavolu, 2024). Un *chatbot* corresponde a un agente conversacionales automatizado, diseñados para interactuar con los clientes en tiempo real y brindar respuestas inmediatas a consultas comunes. Se integran en páginas web, aplicaciones móviles y plataformas de mensajería garantizando una presencia generalizada en interfaces digitales. Utilizando *Microsoft Copilot Studio* y *Microsoft Teams* se desarrolló un prototipo del asistente virtual sugerido. *Copilot* es una plataforma de inteligencia artificial conversacional que permite diseñar, probar y publicar agentes virtuales que se adapten a las necesidades de una organización. En la Figura 26 se presentan algunas imágenes del asistente virtual creado. Este asistente virtual debe ser sujeto a una revisión interna y eventualmente trabajar con el personal de cómputo del CITA para su inclusión en la página web y capacitación de uso a la recepcionista responsable de recibir muestras y generar ofertas de servicio para el laboratorio de análisis químicos del CITA. Esta herramienta también podría utilizarse como recursos para capacitación y consulta interna en el que los analistas pueden solicitar información sobre particularidades de un método previo a su ejecución.

En la construcción del asistente virtual se detectó que alguna información de consulta frecuente por los clientes como por ejemplo la cantidad de muestra requerida por análisis no se encuentra disponible para la recepcionista, para análisis generales la persona responsable conoce por experiencia que se requieren 250 g de producto, sin embargo es recomendable documentar este dato para todos los análisis que ofrece el laboratorio, esto podría ser un insumo para las herramientas que se diseñen para atención digital de los clientes. Asimismo, este asistente puede evolucionar en el tiempo y atender otras consultas generales del Centro como por ejemplo un visitante del sitio web interesado puede consultar si se está trabajando en un determinado tema de investigación y quién es el investigador(a) responsable de un tema, consultas técnicas vinculadas a desarrollo y procesamiento de productos ó regulaciones vinculadas a alimentos y particularidades de los servicios de capacitación que se ofrecen al sector externo. En esa misma línea de atención remota de consultas a los clientes se

recomienda explorar otras rutas digitalizadas de comunicación como por ejemplo la atención de consultas vía *WhatsApp* empresarial.

Figura 26. Asistente virtual para atención de clientes externos del laboratorio de análisis químicos del CITA.



Fuente: elaboración propia.

Revisión y mejora de los procesos de mantenimiento preventivo: considerando que el laboratorio ya cuenta con un procedimiento para el mantenimiento preventivo de equipos, la recomendación es incorporar en este protocolo elementos adicionales producto de un análisis sobre los repuestos/alternativas para todos los equipos que representan un cuello de botella, así como incorporar la práctica de análisis de las fallas históricas de los equipos para redefinir la programación. Paralelamente se requiere que todo el personal reciba capacitación para

asumir tareas de mantenimiento preventivo o bien logren identificar señales que sugieran que se requiere la intervención del equipo para revisión y mantenimiento preventivo.

Evaluación y uso de la tecnología: si bien en el laboratorio ya se tienen identificadas algunas oportunidades para avanzar en tecnologías y equipamiento, se sugiere realizar un listado y mantener esta práctica de forma sistematizada, de todas aquellas tecnologías de vanguardia que permitan aumentar la productividad del laboratorio y migrar al laboratorio hacia un modelo de operación “inteligente”. Documentar las tecnologías disponibles, precio, ventajas de su adopción, retos para su implementación, permitirá definir la prioridad y consecución de recursos para la adquisición requerida.

Gestión de procesos: en este eje es fundamental definir métricas estandarizadas para el control de procesos que permitan identificar si se requieren modificaciones o inclusión de nuevos indicadores. Por ejemplo, el indicador de cumplimiento de tiempo de entrega de informes corresponde a un indicador de gestión; herramienta que permiten medir el cumplimiento de un objetivo del laboratorio. No obstante, el historial de datos para este indicador sugiere la necesidad de implementar al menos un indicador predictivo para lograr identificar de antemano condiciones futuras dadas las entradas o actividades de la organización y el grado de cumplimiento de tareas asignadas.

Estandarización y simplificación: OPEX sugiere el uso de equipos estandarizados a nivel de diseño y repuestos e identificación de medidas a implementar para lograr el máximo tiempo de funcionamiento de estos equipos. Al tener dos equipos diferentes disponibles para un mismo análisis (determinación de grasa por ejemplo), pero con diferente capacidad para análisis de muestras por corrida y diferente duración total del ensayo se dificulta la planificación de la producción. Seleccionar el equipo más eficiente para una tarea dada y estandarizar todas las unidades debe ser una medida a tomar en consideración en el laboratorio.

Enfoque de jalado “tracción”: para implementar un sistema de “jalado” se requiere de previo definir métricas para analizar la demanda del laboratorio y realizar un estudio

detallado de capacidad. Con esta información se podrá programar la solicitud de los consumibles en función de la demanda.

Optimización del diseño del laboratorio (distribución): para este fin se recomienda estandarizar y sistematizar una práctica que hacen actualmente los analistas que consiste en clasificar los grupos de muestras similares, según requerimientos de procesamiento, para reducir los tiempos de preparación. Esta práctica debería considerarse previo a la asignación de responsabilidad y tareas semanales por persona de tal forma que se minimice o eliminen las interrupciones en los ensayos y pueden describirse los análisis como un flujo continuo y completo para un set de muestras dado.

Adherencia a la planificación: resulta esencial incorporar indicadores para el monitoreo de la programación diaria y semanal.

Gestión visual: para solventar que se identificó que en la actualidad el laboratorio no tiene un uso sistematizado, consistente y periódico de gráficos de desempeño para mostrar el cumplimiento de los objetivos y los indicadores claves de desempeño a todo el personal; se sugiere incorporar algún *dashborad* (panel) con actualización en tiempo real para que todo el personal pueda conocer, en cualquier momento, el estado de sus compromisos como una unidad. Para este fin se recomiendan varias alternativas. La gestión del desempeño y la mejora continua de los procesos son esenciales para que las organizaciones controlen qué tan bien están funcionando sus operaciones y encuentren formas de mejorarlas. Las herramientas de análisis de paneles (*dashboards*) combinan varias visualizaciones en una única interfaz especializada que se puede utilizar para diferentes tareas, trabajos o situaciones. Un diseño cuidadoso basado en principios de factores humanos garantiza que las herramientas sean fáciles de usar incluso cuando los datos sean complicados. Los tomadores de decisiones pueden ver más información sobre factores de desempeño o conexiones causales con la ayuda de paneles dinámicos que les permiten profundizar. Las actualizaciones en tiempo real y las vistas compartidas mantienen a todos en sintonía (Kobi, 2024). Los tableros de gestión del desempeño visual ayudan a los equipos a trabajar juntos para autocontrolarse y resolver problemas a medida que surgen en entornos de ritmo rápido mediante el uso de controles

visuales y técnicas de resolución de problemas como el pensamiento (Kobi, 2024). Cabe mencionar que, considerando la alta variabilidad en los tiempos de entrega detectada en el diagnóstico de esta investigación, el *dashboard* a implementar debe incluir al menos un indicador de productividad y un indicador referente a la desviación estándar asociada a los tiempos de entrega. Un ejemplo de productividad sugerido es el delimitado por la siguiente fórmula:

$$\text{Indicador de productividad (tiempos de entrega)} = \frac{\text{\# de informes entregados dentro del plazo}}{\text{\# total de informes entregados}}$$

Para este indicador se propone un monitoreo mensual y una meta del 90%. Asimismo, se sugiere incluir el cálculo de coeficiente de variación para los tiempos de entrega cada mes, con la intención de monitorear la variabilidad en estos tiempos ya que la misma se desea disminuir hasta eventualmente lograr un valor Sigma cercano a 6 para el indicador de tiempo de entrega de informes.

Para concretar la recomendación vinculada a la gestión visual de resultados del laboratorio se tienen tres alternativas:

1. Utilizar el *dashboard* que ofrece el *software* Kahuna que actualmente utiliza el laboratorio para la gestión de la documentación del sistema de gestión de la calidad (Figura 27).
2. Incorporar una herramienta de *dashboard* a la plataforma SIA CITA utilizada en la actualidad para la gestión de ofertas de servicios del laboratorio.
3. Generar un *dashboard* independiente de los dos sistemas utilizados en la actualidad como por ejemplo aplicando el recurso Power BI, una plataforma de Microsoft unificada y escalable para la inteligencia empresarial, con capacidad de hacer conexiones entre los datos y visualizarlos. En la Figura 28 se muestra un ejemplo de *dashboard* para el laboratorio creado de forma ilustrativa, los datos no responden al desempeño actual del laboratorio. Power BI es una herramienta de inteligencia empresarial para exploración

de datos visuales y paneles de control. Admite más de 80 tipos de gráficos, filtrado, agrupación y desglose (Kobi, 2024).

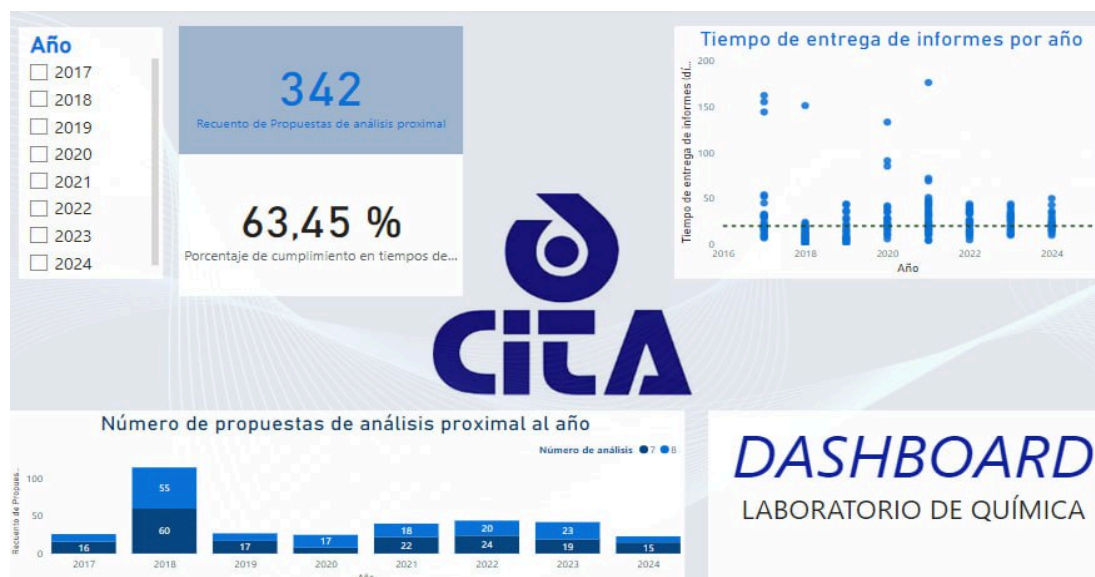
Figura 27. Componente del sistema Kahuna utilizado en el CITA para la gestión de la documentación del sistema de gestión de la calidad.



Fuente: sistema Kahuna, CITA.

- Utilizar los recursos existentes en el laboratorio (pizarras informativas) para mostrar de forma física y sencilla los indicadores de proceso asociados al desempeño así como el informe de indicadores posterior a las actividades de auditorías internas y externas, lo cual sucede al menos dos veces al año.

Figura 28. Ejemplo de *dashboard* diseñado con Power BI para el monitoreo del sistema de excelencia operacional del CITA.



Fuente: diseño propio utilizando Power BI.

Compromiso de gestión y cultura empresarial: se recomienda involucrar a todo el personal y a la gestora del sistema de gestión de la calidad en los proyectos de mejora; así como reforzar la capacitación para que los analistas logren identificar desperdicios en sus procesos (tiempo, recursos) y se sientan empoderados y con autoridad a implementar acciones de mejora de forma independiente.

Integración y calificación funcional: se recomienda reformar la identificación de las oportunidades de capacitación requeridas para el aumento de las habilidades y experiencia en el personal y propiciar que los analistas capacitados roten en sus roles con mayor frecuencia (actualmente es una rotación anual) para que otros puedan alcanzar niveles más elevados en su formación y desempeño.

Involucramiento del personal y mejora continua: se recomienda implementar, de forma sistematizada, el uso de herramientas que permitan escuchar la voz de los analistas para la mejora de los diferentes procesos y productos y trabajar en la creación de equipos multidisciplinarios y multifuncionales para la resolución de los problemas o retos que enfrenta el laboratorio, desde la compra de equipos y delimitación de labores de

mantenimiento preventivo hasta el desarrollo y validación de metodologías de análisis. Con estos recursos, los analistas podrán aplicar una filosofía *Lean* al identificar y eliminar el "desperdicio" en los procesos como por ejemplo el manejo del tiempo de espera, optimización del tiempo de preparación de muestras, eliminación de movimientos innecesarios, eliminación de causa raíz de defectos comunes corregibles y exceso de inventario. Para facilitar el trabajo, algunas herramientas *lean* esenciales son los diseños visuales de la fábrica, el trabajo estandarizado, las señales de producción basadas en *pull*, el flujo continuo y la resolución de problemas en equipos multifuncionales (Davidson et al., 2020). Los esfuerzos *Lean* a menudo se rastrean con herramientas estadísticas como el tiempo de ciclo, los niveles de inventario de trabajo en proceso y las métricas de tiempo de actividad del proceso (Patel & Patel, 2021).

4.2.2. Propuesta de sistema OPEX

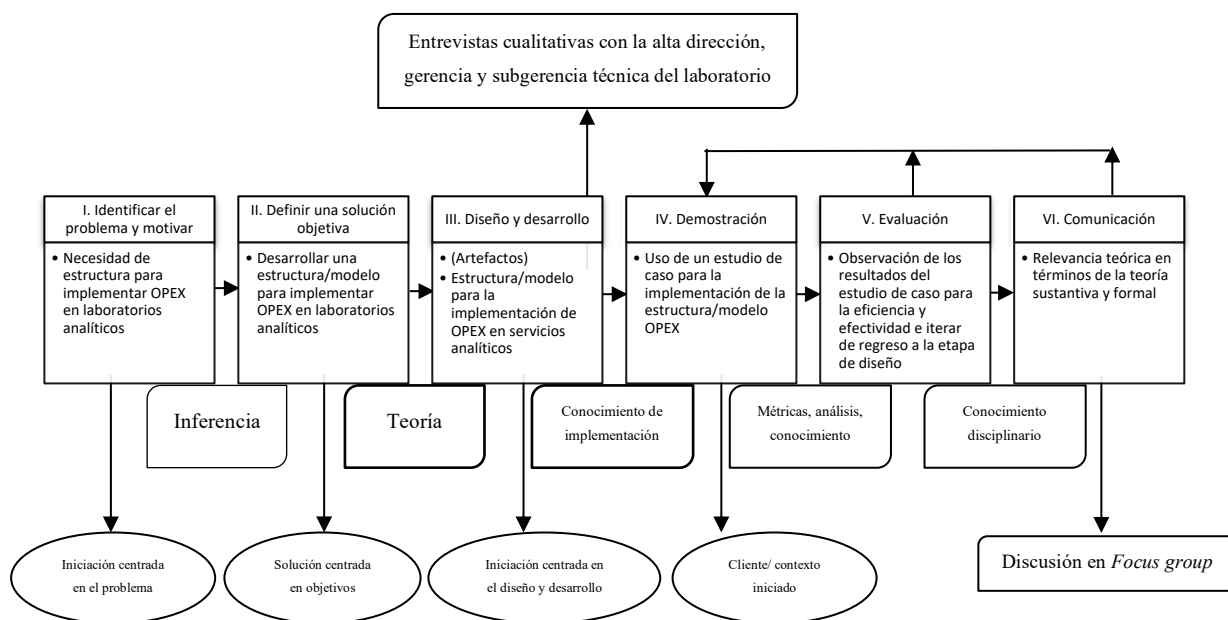
En este proyecto se utilizó un enfoque sistemático para diseñar el sistema OPEX para el laboratorio de análisis químico de alimentos del CITA. El sistema desarrollado aplica para el laboratorio utilizado como referencia en esta investigación pero también puede ser un insumo o línea base para la implementación de OPEX en otros entornos similares como por ejemplo laboratorios analíticos, tanto químicos como microbiológicos, dedicados al control de la calidad en diversos sectores industriales tales como agroindustria, farmacia, alimentación animal, entre otros. Esto resulta de particular beneficio dado que pese a que en la literatura se reportan múltiples ejemplos de implementación de OPEX en diferentes entornos, incluyendo servicios, en ocasiones las publicaciones omiten detalles críticos o cruciales para la adopción exitosa del sistema o bien no se desarrollan los elementos requeridos a profundidad y esto dificulta su comprensión. Previo a este trabajo Naik et al., (2024) confirma que aún falta una base teórica para la implementación de OPEX, lo que lleva a una conceptualización mal definida de las iniciativas de excelencia operacional y esto podría ser la causa de que dos de tres iniciativas de implementación de OPEX no resulten fructíferas. Los autores plantearon su inquietud específicamente para la implementación de iniciativas de excelencia operacional con énfasis en sostenibilidad, no obstante, la preocupación planteada aplica también para el sector servicios y en específico al de laboratorios de análisis especializados, incluyendo análisis químicos de alimentos. Algunos sistemas OPEX

disponibles en la literatura son incompletos y carecen de comprensión teórica y práctica, posiblemente porque son marcos desarrollados para la industria y no trascienden en detalle mucho más allá de la organización; por lo que no se localiza un sistema o marco de referencia completo que identifique todos los elementos para implementar sistemas OPEX en entornos de laboratorios analíticos (Naik et al., 2024).

El desarrollo de esta propuesta se realizó utilizando la metodología *Design Science Research* (DSR, por sus siglas en inglés) sugerida por Naik et al., (2024), la cual consta de seis fases: (i) identificar el problema y motivar, (ii) definir la solución objetiva, (iii) diseño y desarrollo, (iv) demostración, (v) evaluación y (vi) comunicación. Esta metodología se describe gráficamente en la Figura 29. Dicha metodología se integró además con la propuesta por Souza et al., (2024), quienes sugieren un enfoque combinado (cualitativo y cuantitativo) para desarrollar un sistema de madurez OPEX para laboratorios de análisis químicos que pertenecen a instituciones de educación superior, integrando investigación basada en bibliografía, investigación de campo (encuestas) y estudios de casos para culminar con la estructuración de un sistema con diferentes estados de madurez de OPEX en un laboratorio.

La primera fase de esta metodología se resume en el diagnóstico presentado (Apartado 4.1 de este documento). Seguidamente, para el planteamiento de la solución objetiva (Etapa II), se propuso el desarrollo de un sistema de excelencia operacional, el cual corresponde a una interacción de personas, tecnología, procesos, variables organizativas, metodología y pensamiento sistémico dirigida a objetivos para lograr la excelencia en las operaciones organizacionales (Naik et al., 2024) y en este caso en específico a aumentar la productividad para reducir los atrasos en los tiempos de entregas de informes a los clientes externos.

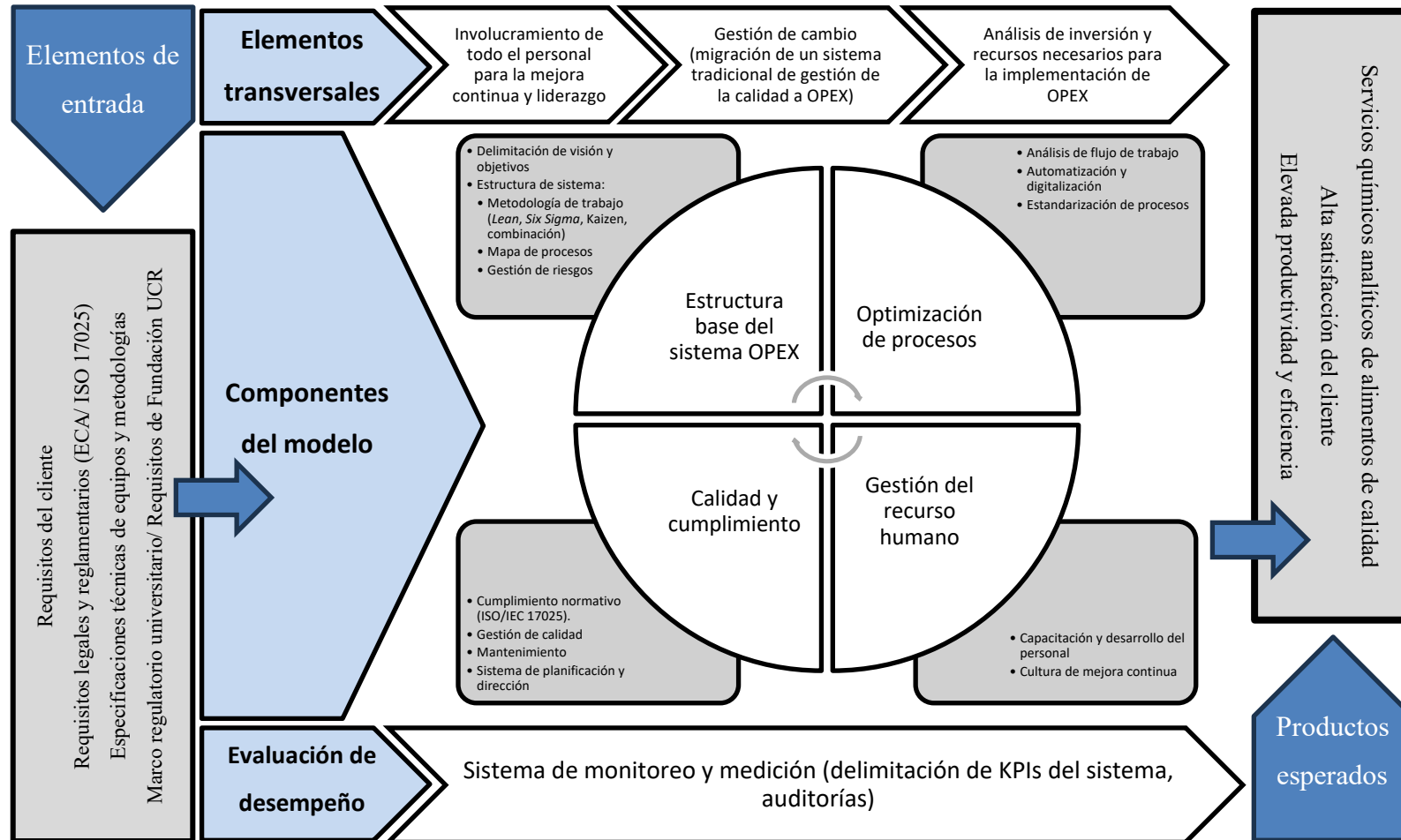
Figura 29. Proceso DSR aplicado al desarrollo de un sistema OPEX en el laboratorio.



Fuente: Adaptado de Naik et al., (2024).

Para la III Etapa, que corresponde al diseño de la solución, se generaron las recomendaciones indicadas en el apartado 5.1 y se propuso además el sistema que se describe en la Figura 30; el cual incorpora elementos tomados de los autores Köhler et al., (2019) y Cesarotti & Spada (2009) y se fundamenta en el desarrollo de una cultura de excelencia operativa, centrada en los procesos y en su optimización (Cesarotti & Spada, 2009).

Figura 30. Propuesta de modelo OPEX para un laboratorio de análisis químico de alimentos.



Fuente: elaboración propia.

En el sistema propuesto se requiere prestar particular énfasis al empoderamiento del personal y a la mejora continua, junto con la implementación sistemática de métodos cuantitativos, para construir la base organizacional que permita lograr la excelencia operativa en los servicios, reducir costos y aumentar la calidad del servicio actual ofrecido por el laboratorio del CITA (Cesarotti & Spada, 2009). En este sistema sobresalen dos grandes elementos, el primero general vinculado a la estructura de la organización y del sistema y el segundo propio de la gestión del sistema, el mantenimiento, la calidad y la mejora de la prestación del servicio. Toda la propuesta se basa de forma integral en el establecimiento de una cultura de mejora continua, excelencia en el servicio y orientación al cliente (Cesarotti & Spada, 2009).

Como elementos de entrada se consideran los requerimientos de clientes, requisitos normativos (ISO 17025 e ISO 9001) y regulatorios (nacionales, universitarios y de la Fundación UCR), además de especificaciones técnicas (equipos y metodologías). De forma transversal se incluyen cuatro elementos que deben considerarse en el proceso: (1) análisis de los recursos requeridos para la adopción del sistema, (2) protocolos a implementar para la gestión del cambio en la organización, (3) involucramiento de todo el personal en el sistema y (4) evaluación sistemática y continua del desempeño de la organización basada en un sistema de monitoreo de KPIs para promover la mejora continua.

Sobre el plan de **gestión de cambio**, el laboratorio debe diseñar un cronograma del proceso con fases claras para la implementación del sistema de excelencia operacional. Este cronograma debe acompañarse de un plan de comunicación y gestión del cambio para asegurar que el personal, de todos los niveles del laboratorio, acepta y se compromete con las nuevas prácticas, alineándose a esfuerzos individuales y colectivos para promover la mejora continua. Para el elemento de **inversión**, se debe considerar el personal, la infraestructura, las tecnologías y cualquier otra inversión necesaria para la implementación del sistema, sin dejar de lado una estimación del retorno de la inversión para analizar el costo-beneficio de la transición. Finalmente, en el elemento de **monitoreo y mejora continua**, es fundamental que el laboratorio cuente con indicadores de éxito, con resultados esperados medibles a nivel de reducción de costos, mejora de la calidad de los resultados, disminución de atrasos en tiempos de entrega de informes, aumento de satisfacción de los clientes,

aumento de demanda por preferencia, entre otros. El laboratorio ya cuenta con una serie de KPIs tales como cumplimiento de tiempo de entrega de informes y satisfacción del cliente, sin embargo, se recomienda incorporar otros tales como tiempo de ciclo (por análisis), tasa de error (repeticiones por análisis y por analista) y productividad (cantidad de análisis concretados de análisis asignados en un periodo dado).

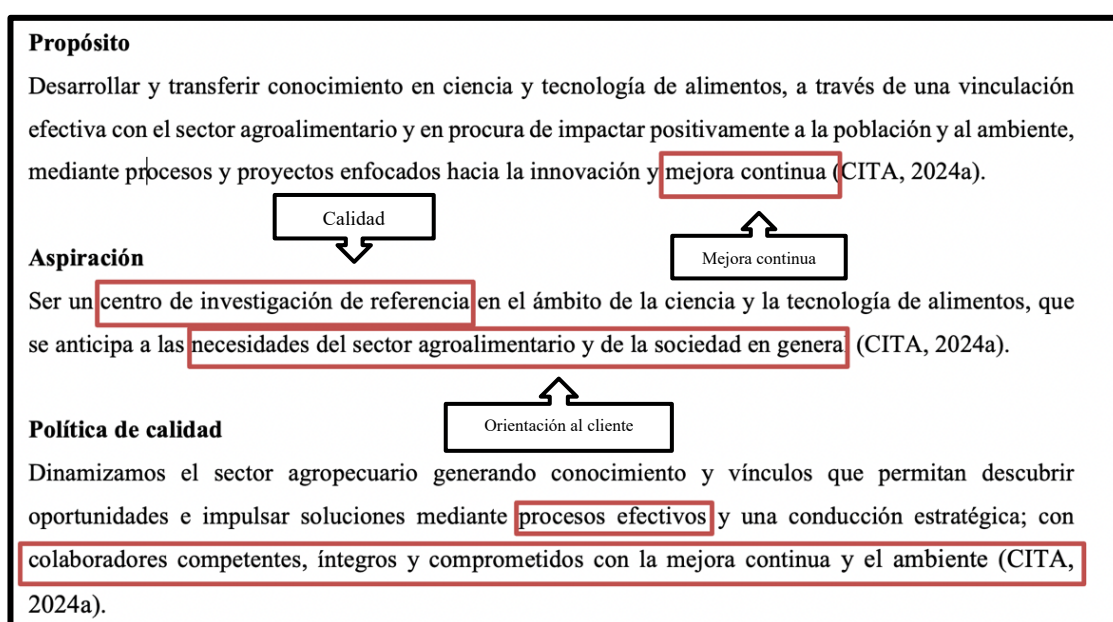
Sobre el desarrollo del sistema, es importante indicar que se utilizó de base toda la documentación ya existente en el laboratorio vinculada a la gestión de la calidad en la oferta de servicios. Asimismo, se prestó especial énfasis a los elementos identificados como deficientes en el diagnóstico, específicamente los vinculados dimensiones habilitadoras de OPEX de (1) involucramiento de la voz del personal para el planteamiento y ejecución de proyectos de mejora continua, (2) análisis y mejora de flujo de trabajo, (3) sistema de planificación y dirección e identificaciones de necesidades de capacitación.

La propuesta de sistema OPEX contempla aportes en tres niveles diferentes, a saber: (1) Revisión de procedimientos/registros ya existentes para confirmar que cumplen con lo requerido en el sistema OPEX; (2) inclusión de elementos de las dimensiones habilitadoras del sistema OPEX en procedimientos/registros ya existentes; y (3) generación de procedimientos, flujos y/o registros propios de alguna dimensión habilitadora del sistema OPEX. A continuación se muestran ejemplos de los aportes realizados.

En el primer componente del sistema desarrollado (Figura 30) (**Estructura base del sistema OPEX**), se determinó que se requería desarrollar **la visión y objetivos del sistema**; esto implicaba introducir los elementos de excelencia operacional para el laboratorio en una **visión** planteada en términos de calidad, eficiencia, cumplimiento de normas, seguridad del personal y satisfacción del cliente. En la actualidad, algunas tendencias sugieren que los conceptos de misión, visión y valores están obsoletos debido a que no reflejan la realidad de las organizaciones y no correlacionan con un mejor desempeño. Alineado a esta tendencia, el CITA ha establecido en su defecto un propósito y aspiración además de un plan estratégico. Considerando que la visión corresponde a la descripción de los objetivos y aspiraciones a largo plazo que tiene la organización, al observar el propósito, aspiración y política de calidad vigente en el centro se identificaron los elementos esenciales del sistema OPEX que

corresponde a **calidad, eficiencia, orientación al cliente y mejora continua** y por tanto se definió que para este elemento en particular del sistema propuesto no se requería realizar modificación alguna. Este es un ejemplo de los aportes al sistema al primer nivel (revisión para constatar que lo existente aplica para el sistema OPEX propuesto). Sobre esta revisión, en la Figura 31 se observa que los elementos resaltados en rojo evidencian los puntos clave requeridos para la estructura de la organización según OPEX.

Figura 31. Análisis del propósito, aspiración y política de calidad del CITA a la luz de la adopción de un sistema OPEX.



Para el segundo nivel de aporte en el desarrollo de este sistema (utilización de información ya existente y propuesta de mejora para alinear al sistema OPEX propuesto), se puede hacer mención a los objetivos del sistema. Los **objetivos** de un sistema OPEX deben presentar metas claras y medibles. Alineado al contexto y problemática presentados en el diagnóstico de este documento, se desarrolló el primer objetivo base del sistema de excelencia operacional, el cual se describe en la Tabla 12. Para generar este objetivo se utilizó una estructura SMART, la cual permite asegurar que el objetivo desarrollado con los principios de ser específico, medible, alcanzable, realista y temporizado.

Tabla 12. Objetivo, indicador y meta desarrollados para el sistema de excelencia operacional del CITA.

Objetivo	Indicador	Herramientas/actividades	Frecuencia de monitoreo	Meta	Estado actual
Mejorar los tiempos de entrega de informes de resultados a clientes externos en el año 2025.	Porcentaje de cumplimiento de tiempo de entrega de informes a clientes externos.	<p>Incorporación de al menos un indicador de proceso de predicción para el monitoreo de la ejecución de análisis.</p> <p>Inclusión de revisión periódica de al menos un indicador de predicción que permita visualizar si se cumplirá con los tiempos de entrega.</p> <p>Desarrollo de al menos una actividad con todo el personal del laboratorio para identificar acciones concretas que se pueden implementar a nivel individual para que como equipo logren mejorar el cumplimiento del tiempo de entrega de informes.</p>	Mensual	90% de cumplimiento	86% de cumplimiento promedio (2018-2023)

Con la intención de lograr el cumplimiento del objetivo propuesto se sugiere trabajar en algunos de los elementos que se evidenciaron en el diagnóstico como oportunidades de mejora en el sistema actual. En con este fin que a se trabajó en el tercer nivel de aporte de desarrollo del sistema, que comprende la generación de flujos de trabajo, procedimientos y registros. En este punto, los aportes se enfocaron en las tres dimensiones habilitadoras de OPEX que, según indica el diagnóstico, requerían mayor intervención. Los aportes realizados se generan posterior a la entrevista de Gerencia y Subgerencia Técnica del laboratorio, entrevista individual a cada uno de los colaboradores que realizan algún análisis del paquete de análisis proximal de alimentos, revisión de literatura y sesión de *focus group* descrita en el apartado 4.1.4.

En el grupo focal (Figura 32) se trabajó en la propuesta de mejora del flujo existente para la ejecución de los paquetes de análisis proximal de alimentos. El flujo propuesto se presenta en la Figura 33. Cabe indicar que en esta oportunidad el *focus group* se utilizó como un recurso de investigación cualitativa sugerido para incorporar la voz de los colaboradores en los proyectos de mejora continua en el laboratorio (Figura 32).

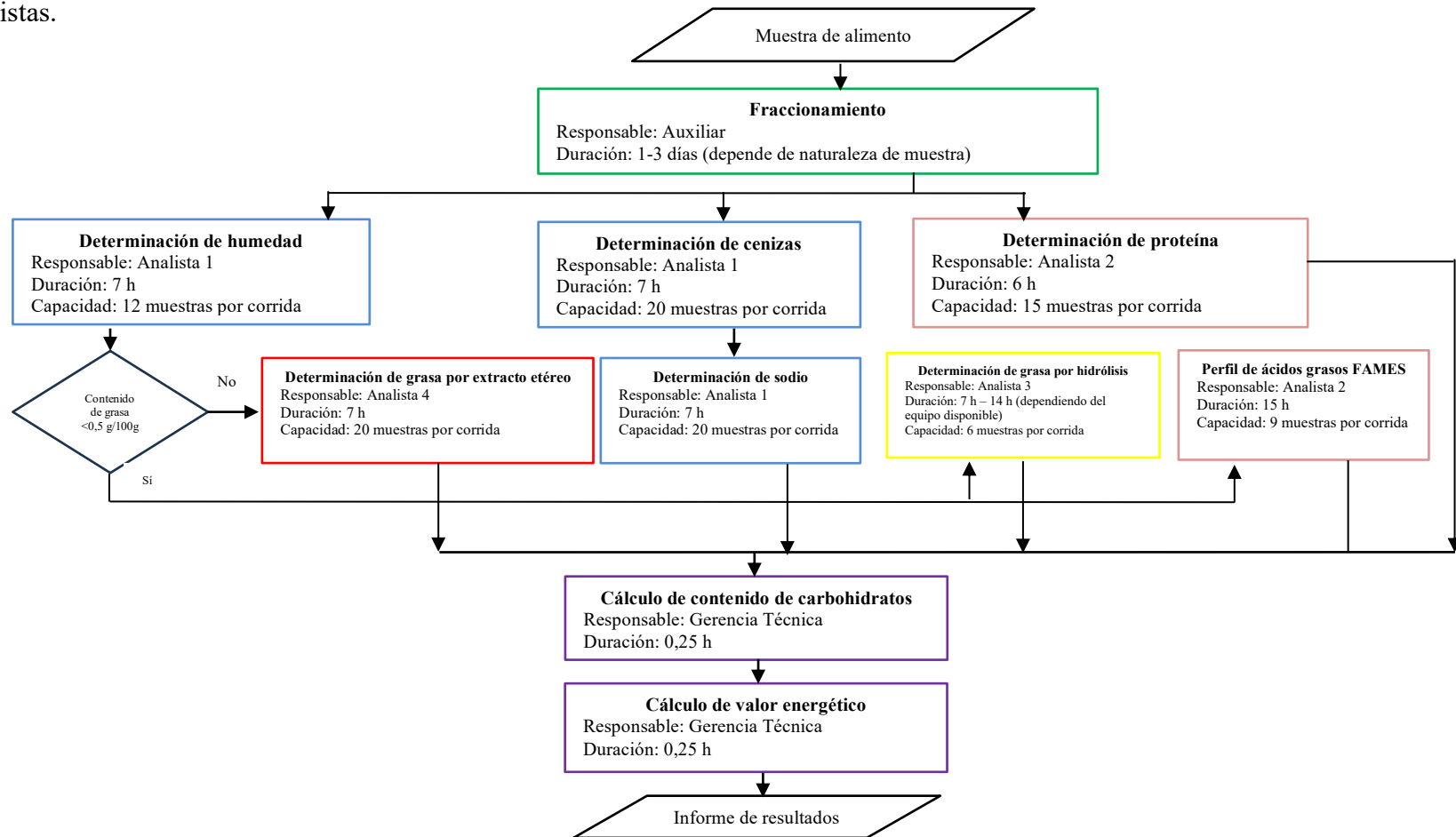
Figura 32. Sesión de *focus group* realizada con personal del laboratorio del CITA para validar el uso de esta herramienta como estrategia de incorporación de la voz de los colaboradores en los proyectos de mejora continua.



Dentro de los cambios aplicados al proceso de ejecución de análisis proximales, destacan los siguientes:

1. Reducir el tiempo dedicado para el fraccionamiento de las muestras. Originalmente este proceso requería de 1 a 5 días desde el momento de recibo de una muestra. La sugerencia generada en el *focus group* es limitar este proceso a un máximo de 3 días y además documentar el tiempo que se tarda en esta tarea para eventualmente determinar, con datos como referencia, si este tiempo se puede delimitar posteriormente a un tiempo menor.

Figura 33. Proceso para la ejecución de análisis proximales de alimentos en el laboratorio del CITA incorporando recomendaciones de los analistas.



Fuente: elaboración propia

2. Realizar algunos análisis en paralelo y no en cascada: durante el análisis del proceso, el “Analista 1” confirma que tiene la posibilidad de realizar la determinación de humedad y la determinación de cenizas el mismo día en paralelo, aprovechando los tiempos de espera en cada uno de los ensayos y reduciendo con esta medida el tiempo total del proceso en 1 día. Asimismo, se identificó que no es necesario que “Analista 2” espere a la conclusión del ensayo “determinación de grasa por hidrólisis” para ejecutar el perfil de ácidos grasos, debido a que estos análisis también pueden ejecutarse en paralelo y con esta medida también se reduce el tiempo total del proceso en 1 día. Por su parte, se identificó que no es posible realizar el ensayo de grasa por extracto etéreo en paralelo con el ensayo de humedad debido a que el análisis de grasa se debe realizar en una muestra seca y por tanto depende de la ejecución previa del ensayo de humedad. Es relevante señalar que con estos cambios se estandariza además el tiempo requerido para completar el análisis proximal de alimentos, independientemente del tipo de muestra y su contenido de grasa. Cabe destacar que la posibilidad de incorporar a un cuarto analista en este ciclo es factible dado que el laboratorio cuenta con 5 analistas en total. Sin embargo, estas mejoras sólo son factibles si el análisis proximal se programa sin colocar ninguna otra actividad (otros análisis para servicio externo o análisis para investigación) al mismo tiempo.

Por su parte, con la intención de reforzar la dimensión habilitadora del sistema OPEX propuesto que trata de la planificación, se desarrollaron una serie de recomendaciones acompañadas con registros e indicadores que permitirán monitorear estas acciones. Por ejemplo:

Aumentar el número de muestras/análisis completados del total asignados semanalmente por analista. Actualmente se realiza una programación semanal por analista que detalla las muestras y análisis que debe ejecutar pero no se especifica qué día debe realizar los análisis ni en qué orden se deben completar. Se sugiere que al cierre de semana cada analista reporte el número de actividades concretadas del total asignadas y las jefaturas monitoreen el avance semanal individual para visualizar los ajustes que debe realizar para cumplir con la programación. Para facilitar esta tarea se desarrolló el registro mostrado en la Figura 34. En esta figura se ejemplifica, con información ficticia generada solo para fines

ilustrativos, un registro completo para dos analistas. En este registro las primeras 4 columnas las completa la Gerencia Técnica del laboratorio y la cuarta columna es completada por los analistas, el valor de la última columna correspondiente al indicador y se calcula de forma automática al completar el registro.

Figura 34. Registro generado para calcular el indicador “porcentaje de ensayos ejecutados del total de ensayos asignados por analista”.

REGISTRO DE ANALISIS EJECUTADOS					
Semana	Analista	Análisis	Número de muestras asignadas	Número de muestras analizadas	Porcentaje de ensayos ejecutados de ensayos asignados
1	1	Humedad	20	12	60%
1	1	Cenizas	20	15	75%
1	1	Sodio	20	15	75%
1	1	Grasa por hidrólisis	20	12	60%
1	2	Proteína	20	15	75%

En la Figura 35 se muestra el registro generado en Excel en el que se resumirá la información del indicador “porcentaje de ensayos ejecutados del total de ensayos asignados por analista” por semana, por mes y por analista.

El uso de indicadores de predicción se alinea al método Kaizen, el cual se basa en el seguimiento de los datos de todas las facetas del negocio para identificar áreas de mejora. Realiza además análisis de los resultados de las soluciones para asegurarse de que se está logrando lo deseado y propone realizar los ajustes necesarios si no se están logrando los resultados deseados.

Considerando que un sistema de excelencia operacional debe garantizar que la cultura de excelencia y mejora continua está en manos en todo el personal, el establecimiento de métricas de desempeño individuales por colaborador permitirá visualizar más claramente el comportamiento de cada una de las personas y su impacto en el trabajo diario y cumplimiento de metas colectivas. Estas métricas ayudarán a introducir y desarrollar una cultura de excelencia operativa, resultarán una guía para la dirección en la toma de decisiones y contribuirán con la evaluación del desempeño del personal permitiendo de forma paralela a

los colaboradores tener más claridad sobre su desempeño y la forma objetiva en la que está siendo evaluado.

Figura 35. Registro para el indicador de producción basado en el porcentaje de análisis realizados del total programados por analista, por semana y por mes.

REGISTRO DE INDICADORES DE PRODUCCIÓN							
Semana	Indicador	Analista 1	Analista 2	Analista 3	Analista 4	Analista 5	TOTAL (%)
1	Número de muestras analizadas/número de muestras asignadas						
2							
3							
4							
MES 1	Número de muestras analizadas/Número de muestras programadas						
1	Número de muestras analizadas/número de muestras asignadas						
2							
3							
4							
MES 2	Número de muestras analizadas/Número de muestras programadas						
1	Número de muestras analizadas/número de muestras asignadas						
2							
3							
4							
MES 3	Número de muestras analizadas/Número de muestras programadas						
1	Número de muestras analizadas/número de muestras asignadas						
2							
3							
4							
MES 4	Número de muestras analizadas/Número de muestras programadas						
1	Número de muestras analizadas/número de muestras asignadas						
2							
3							
4							
MES 5	Número de muestras analizadas/Número de muestras programadas						
1	Número de muestras analizadas/número de muestras asignadas						
2							
3							
4							
MES 6	Número de muestras analizadas/Número de muestras programadas						

Continuando con el desarrollo del sistema, también se determinó que era necesario **delimitar la metodología de trabajo para implementación de OPEX**; por tanto, luego de realizar una revisión de la literatura en esta línea, se visualizó que una metodología combinada adaptada, que contemple elementos tanto de *Lean* como de *Six Sigma* puede resultar el enfoque más adecuado para este laboratorio. En la Tabla 13 se muestran las diferencias en los fundamentos de las metodologías antes mencionadas. Referente a la detección de desperdicios, en un laboratorio este componente se debe basar en el desperdicio de tiempos disponibles y en lo que respecta a la disminución de defectos, esto se refiere a eliminar las repeticiones de ensayos por errores que se pueden prevenir a nivel de calidad del servicio.

Tabla 13. Metodologías más utilizadas para la mejora de la calidad y su contraste con OPEX.

Conceptos	Gestión total de la calidad (TQM)	<i>Six Sigma</i>	<i>Lean</i>	<i>Lean Six Sigma</i>	OPEX
Fundamentación teórica	Enfoque en los clientes.	No defectos.	Eliminación de desperdicios.	Eliminación de desperdicios y defectos.	Lograr un alto rendimiento a través de los modos de operación existentes.
Vista de los procesos	Procesos mejorados y uniformes.	Reduce variación y mejora los procesos.	Mejora el flujo en los procesos.	Mejora el flujo y reduce a variación.	Gestión sistemática de negocios y procesos. Tener una cultura organizacional a largo plazo que respalde la mejora continua.
Enfoque	Que todos se comprometan.	Gestión de proyectos	Gestión de proyectos	Gestión de proyectos	Portafolio, programa y gestión de proyectos.
Herramientas	Herramientas analíticas y estadísticas.	Herramientas analíticas y estadísticas avanzadas.	Herramientas avanzadas	Herramientas analíticas y estadísticas avanzadas	Herramientas analíticas y estadísticas avanzadas
Efectos principales	Aumentar satisfacción del cliente.	Ahorros financieros.	Reducir el tiempo de entrega, la ineficiencia del proceso, eliminar el desperdicio y reducir las actividades sin valor agregado.	Reducir el tiempo de entrega, la ineficiencia del proceso, eliminar el desperdicio y reducir las actividades sin valor agregado y los ahorros financieros.	OPEX va más allá de la mejora de procesos o la reducción de costos para llevar a la organización hacia un crecimiento sostenible a largo plazo.
Críticas	Mejoras no tangibles, demanda de recursos, noción no clara.	No involucra a todos, no mejora la satisfacción de los clientes, no tiene una visión de sistema, orientación estadística fuerte.	Reduce flexibilidad, causa congestión en la cadena de suministro, no es aplicable a todas las industrias.	Integración de dos enfoques diferentes y existe la posibilidad que uno domine sobre otro durante la implementación. No hay un marco estructurado para la implementación.	Falta de un marco estandarizado para la implementación, alta tasa de fallo, retos de implementación.

Fuente: elaboración propia basada en Naik et al., (2024)

Se describen a continuación otros elementos del sistema OPEX desarrollado y la forma en la que se abordaron:

Mapa de procesos: Para el sistema OPEX se deben identificar y documentar los procesos clave del laboratorio que deben ser optimizados, desde la recepción de muestras hasta la entrega de resultados utilizando un **mapa de procesos**. El laboratorio ya cuenta con un mapa de proceso claro y procedimientos de operación estándar implementados pero para procesos generales. Producto de este trabajo se generó el mapa específico para el proceso de oferta del paquete de análisis proximal de alimentos por ser el servicio de mayor demanda, sin embargo, se recomienda documentar el proceso de ejecución de cada uno de los diferentes servicios que ofrece este laboratorio para eventualmente identificar desperdicios (de tiempo y recursos) y oportunidades de mejora de tal forma que se puedan abordar desde la necesidad de cambio de un equipo, ajuste de metodología, redistribución del personal, automatización de un proceso, entre otros.

Por su parte, en el sistema propuesto se requiere la ejecución de un **análisis de riesgos** en el laboratorio. Para este fin, la literatura propone el uso de la herramienta Análisis de Modos de Fallo y Efectos (FMEA, por sus siglas en inglés) para mitigar los riesgos. FMEA es un procedimiento para el análisis de posibles modos de falla dentro de un sistema para clasificarlos por severidad y probabilidad de ocurrencia (Cesarotti & Spada, 2009). El laboratorio ya ha utilizado este recursos para identificar sus riesgos. Sin embargo, producto de este trabajo surge la recomendación de incluir algunos riesgos que no están contemplados como por ejemplo la posibilidad de salida del colaborador que actualmente tiene a cargo más del 50% de los análisis que conforman el servicio de mayor solicitud en el laboratorio que corresponde al análisis proximal.

En el segundo componente del modelo que corresponde a la **Optimización de Procesos**, se requiere realizar un estudio para la identificación de cuellos de botella, desperdicios y actividades que no agregan valor. Tomar en consideración a todo el personal en esta etapa es fundamental tal y como se menciona en etapas previas del sistema. A a manera de plan piloto, en este proyecto se realizó una revisión primaria del proceso de ejecución de análisis

proximales generando el flujo que se muestra en la Figura 33. Por su parte, la optimización de procesos también sugiere la generación de propuestas concretas para la implementación de **sistemas automatizados** (LIMS – *Laboratory Information Management System*), robótica o *software* de análisis además de otros recursos de **digitalización** que optimicen la recolección de datos, la trazabilidad y la eficiencia en general. Posterior a esta etapa resulta esencial la **estandarización de procesos** y propone al laboratorio actualizar los procedimientos de operación estándar existentes y generar algunos nuevos que incorporen las oportunidades de mejora identificadas en esta investigación. Por ejemplo, en la actualidad se tienen establecidos los siguientes procedimientos: PO-SALQ#0001 Ingreso y custodia de muestras, MA-SALQ#000001 Preparación de muestras y PO-PRSA#000001 Formulación de ofertas y recepción de muestras. En estos procedimientos se requiere modificar por ejemplo el tiempo máximo disponible para la preparación de las muestras y se recomienda además generar un procedimiento específico para cada uno de los paquetes que ofrece el laboratorio, de tal forma que se replique el ejercicio que se realizó en este proyecto con el paquete de análisis proximal de alimentos. Estos procedimientos deberán enriquecerse además con los indicadores propuestos y registros de control generados en este proyecto.

Por otro lado, en el tercer componente del sistema OPEX propuesto se engloban la **calidad y cumplimiento** del sistema OPEX. En este eje se requiere el **cumplimiento de las normativas y regulaciones**. Para el caso del laboratorio de química del CITA este elemento se satisface a cabalidad dada la existencia de un modelo de gestión de la calidad basado en ISO/IEC 17025 específico para laboratorios de ensayos y calibración. Dada esta condición, el laboratorio está sujeto regularmente a auditorías internas y externas y revisiones de calidad, además de evaluaciones por la alta dirección del Centro. En este eje del sistema se incluye el componente de mantenimiento y sistema de planificación y dirección, estos dos últimos detallados por (Köhler et al., 2019) y cuyas oportunidades de mejora se especificaron en el diagnóstico realizado (Anexo 1).

Finalmente, el sistema presenta un cuarto eje fundamental centrado en la **gestión del recurso humano**. Al respecto, en un sistema OPEX se requiere ofrecer oportunidades de capacitación y desarrollo para el personal, específicamente en herramientas de mejora continua, normas

de calidad y buenas prácticas de laboratorio. Asimismo, la organización debe fomentar una cultura donde todo el personal busque proactivamente mejoras de los procesos. Actualmente el laboratorio ya tiene establecida una matriz de capacitación para todo el personal que se actualiza de forma sistematizada y que incluye todo lo referente a la adquisición y fortalecimiento de destrezas técnicas, sin embargo no se incluye ningún entrenamiento que permita a los colaboradores la adopción del sistema OPEX. En miras de enriquecer la matriz existente para lograr migrar del sistema de calidad actual a OPEX se plantean una serie de temas de capacitación (Tabla 14). Es importante señalar que se verificó que a nivel nacional exista al menos un proveedor que ofrezca capacitaciones en cada uno de los temas sugeridos. Para la implantación exitosa de este programa de capacitación enfocado en la aplicación de OPEX, resultará fundamental adaptar los cursos a las necesidades específicas del laboratorio y sus procesos e incluir actividades prácticas, simulaciones y proyectos reales.

Tabla 14. Temas de capacitación, alineados a la implementación del sistema OPEX, sugeridos para el personal del laboratorio.

Puesto	Temas de capacitación sugeridos
Gerencia y subgerencia técnica	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de procesos y herramientas de mejora continua <i>Lean Six Sigma</i> - Estrategia y gestión basada en indicadores de desempeño - Habilidades de comunicación para líderes - Agile en recursos humanos - Técnicas y habilidades para la mediación, manejo y resolución de conflictos - Gestión visual de procesos - Microsoft PowerApps - Análisis estadístico avanzado (Minitab, Excel: nivel intermedio y avanzado) - Bases para la planeación y programación de la producción - Entrenamiento básico para <i>Data Science</i>, Power BI (creación de <i>dashboards</i>) - Introducción a la inteligencia artificial - Seguridad y prevención de riesgos laborales - Metodología Kaizen para la mejora continua
Gestor de calidad	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de procesos y herramientas de mejora continua <i>Lean Six Sigma</i> - Habilidades de comunicación para líderes - Control estadístico de procesos - Estrategias para el trabajo colaborativo y resolución de conflictos - Metodología Kaizen para la mejora continua
Analistas	<ul style="list-style-type: none"> - Principios de <i>Lean Six Sigma</i> (manejo de desperdicios y optimización de recursos) - Seguridad y prevención de riesgos laborales
Auxiliares de limpieza	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajo colaborativo y resolución de conflictos - 5S: organización y eficiencia en el espacio de trabajo
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Metodología Kaizen para la mejora continua
Recepcionista*	<ul style="list-style-type: none"> - Servicio al cliente: habilidades de comunicación*

Fuente: diseño propio.

4.3.VALIDACIÓN: ANÁLISIS DE BRECHAS

Para realizar la validación de algunas de las oportunidades de mejora planteadas en este proyecto se utilizaron tres herramientas, a saber:

1. Verificar cuantitativamente (a nivel teórico) que las recomendaciones propuestas en el *focus group* como recurso de investigación cualitativa, para la mejora del proceso de ejecución de análisis proximales, permitían reducir el tiempo total de ejecución del servicio. Este ejercicio también permitió validar el uso de esta herramienta para incorporar la voz de los colaboradores en los proyectos de mejora continua en el laboratorio. Recurso sugerido en esta investigación.
2. Análisis de brechas y estudio comparación entre los requisitos del modelo OPEX propuesto y los dos sistemas de gestión ya implementados en el laboratorio ISO 9001:2015 e ISO 17025: 2017.
3. Análisis de la recomendación de ajuste en los tiempos de entrega de informes de laboratorio para reducir variabilidad y aumentar porcentaje de cumplimiento de este indicados.

4.3.1. Evaluación del impacto a nivel de tiempo de ejecución del servicio de ejecución de análisis proximales de alimentos tras incorporar las mejoras.

Luego de ejecutar el *focus group* se identificaron múltiples recomendaciones técnicas de alta especificidad que permitirían aumentar la productividad en el laboratorio y esto se confirmó numéricamente con una reducción teórica del tiempo total requerido para concluir un paquete de análisis proximal. El procedimiento original se describe en la Figura 9 que se construyó durante el diagnóstico y el procedimiento alternativo propuesto se observa en la Figura 33.

En el procedimiento sugerido gracias a los aportes de los colaboradores del *focus group*, se inicia con una reducción del tiempo de preparación de muestra de máximo 5 días a máximo 3 días. Asimismo, al ejecutar en paralelo la determinación de humedad y la determinación de cenizas se reduce el el tiempo total del proceso en 1 día. Por su parte, al determinarse que “Analista 2” puede ejecutar la “determinación de grasa por hidrólisis” en paralelo con “el perfil de ácidos grasos”, se reduce el tiempo total del proceso en 1 día adicional. Al aplicar

estos cambios, el tiempo total requerido para concluir el análisis proximal de alimentos, sin considerar reprocesos por problemas de calidad y en el peor escenario que corresponde a muestras con más de 0,5% de grasa, pasa de 9 días a 6 días, lo cual significa una reducción del tiempo actual de un **33%** y finalmente, si se digitaliza y automatiza el proceso de generación de informes de análisis proximal, la reducción del tiempo total requerido para finalizar el paquete alcanza **39%** para un tiempo total de **5,5 días**. Con esta evidencia de mejora sustancial en el tiempo total requerido para ejecutar este análisis se determina que es fundamental que el laboratorio replique este ejercicio de análisis con los otros paquetes de análisis que ofrece en la actualidad el laboratorio para determinar si existen oportunidades de mejora similares a las encontradas para este proceso.

Por su parte, es importante señalar que la reducción indicada en teórica y es importante validar estos cambios a nivel práctico. En este proyecto no se logró realizar dicha validación práctica debido a que el proyecto concluyó en un momento del año en que el laboratorio tiene una demanda de servicios atípica (fin de año y cierre institución) y por tanto se presentaban condiciones que no son representativas del quehacer de la organización además de dificultades técnicas importantes para realizar múltiples corridas de este nuevo procedimiento con diferente nivel de grasa, condición requerida para confirmar la validez de la reducción de tiempo. No obstante, previo a validar estos cambios en el laboratorio, se debe prestar particular atención a los siguientes puntos que, según los analistas participantes en el proceso, podrían afectar la viabilidad de los cambios sugeridos:

- 1) Adicional a los cambios ya incluidos en el diagrama de flujo, se rescata de la sesión de grupo focal que los analistas identificaron además que en el laboratorio el espacio en campanas de flujo laminar es crítico y que en ocasiones el no contar con este espacio para que dos analistas trabajen en simultáneo, causa atrasos en los procesos. Los analistas proponen sacar el evaporador de nitrógeno de una de las campanas, sin que esto comprometa la ejecución del proceso asociado a dicho evaporador, y con esta medida aumentar el espacio disponible para que dos analistas puedan trabajar en paralelo en este espacio crítico para proteger la salud y seguridad de los colaboradores. En la misma línea de recomendaciones los analistas identificaron que los calentadores (equipo de uso común en varios ensayos) es

4) Durante la discusión realizada los analistas confirmaron que el laboratorio requiere implementar un **sistema de planificación de la producción**, en el que no solo se indique qué análisis debe hacer semanalmente cada colaborador sino que además se indique cuándo debe realizar cada análisis. Al respecto, se recomienda aplicar el principio PEPS (primero en entrar primero en analizar) y que este sistema además esté truncado para que priorice los servicios externos agrupándolos por análisis a inicio de semana y completada esta asignación se coloque los demás análisis a realizar según la demanda, dejando en última posición los ensayos para investigación que requieren asistencia de los analistas. En la Tabla 15 se presenta un ejemplo ilustrativo de planificación de la producción que considere a los diferentes analistas y ensayos. Con este modelo básico se asignan las responsabilidades para completar un máximo de 6 muestras para análisis proximal (con contenido de grasa superior al 0,5%) ó 12 muestras si se tratan de alimentos con un contenido de grasa inferior y quedan en evidencia los espacios disponibles en la semana y los analistas disponibles para asignar el resto de tareas requeridas para concluir los compromisos de esa semana. Para que se puedan analizar el mismo número de muestras (12 como mínimo) en muestras con mayor contenido de grasa, en la actualidad se requiere que analista 2 se dedique 4 días a la semana a realizar exclusivamente este ensayo. Este enfoque se alinea a otra de las recomendaciones de los analistas que corresponde a programar la mayor cantidad de muestras posibles por análisis en simultáneo.

5) Se identificaron temas de relevancia que no eran del conocimiento de todos los involucrados por ejemplo se evidenció que los analistas no conocen el estado de los indicadores de desempeño de forma específica y que este es un tema que resulta de su interés y se confirmó que la frecuencia de revisión del KPI “cumplimiento de tiempo de entrega” debe aumentarse y no limitarse a solo dos veces al año como se realiza en la actualidad.

Tabla 15. Esquema ilustrativo de programación de la producción de análisis proximales, priorizando el servicio de mayor solicitud por clientes externos del laboratorio.

Analista	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1	Determinación de humedad (máximo 12 muestras) Determinación de cenizas (máximo 20 muestras)	Determinación de sodio (máximo 20 muestras)	Detección de grasa por hidrólisis (máximo 6 muestras)	DISPONIBLE	DISPONIBLE
2	Determinación de proteína (máximo 15 muestras)	DISPONIBLE	DISPONIBLE	DISPONIBLE	DISPONIBLE
3	DISPONIBLE	DISPONIBLE	DISPONIBLE	DISPONIBLE	DISPONIBLE
4	DISPONIBLE	Detección de grasa por extracto etéreo (máximo 20 muestras)		DISPONIBLE	DISPONIBLE
5	DISPONIBLE	DISPONIBLE	DISPONIBLE	DISPONIBLE	DISPONIBLE

Fuente: diseño propio.

En la Figura 37 se muestra el registro de Excel generado para planificar la producción en el laboratorio.

Figura 37. Registro generado para la documentación de la programación semanal.

PROGRAMACIÓN SEMANAL											
SEMANA _____											
Analista	POTs	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
		Análisis	Número de muestras	Análisis	Número de muestras	Análisis	Número de muestras	Análisis	Número de muestras	Análisis	Número de muestras
1											
2											
3											
4											
5											

INSTRUCCIONES DE USO DE REGISTRO

1. Programe las actividades utilizando los principios PEPS (primer muestra en entrar primer muestra en salir) con la restricción de dar prioridad en la semana a los análisis proximales y dejando en último lugar los ensayos de investigación que requieren intervención de analistas.
2. No traslape actividades en un mismo día para un único analista
3. Verifique que para un mismo día no se asignan análisis para diferentes analistas que coinciden en un mismo equipo.

Fuente: diseño propio.

6) Los participantes identificaron la necesidad de recibir capacitación en algunos temas específicos para poder plantear mejoras alineadas a OPEX. Por ejemplo: Excel avanzado para facilitar el reporte de resultados, capacitación entre analistas para estandarizar los tiempos

requeridos por análisis, herramientas para el manejo adecuado del tiempo (estrategias para aprovechamiento de tiempos de espera en ensayos), establecimiento de indicadores de predicción, análisis estadístico de indicadores. Esta recomendación confirma la importancia de la propuesta realizada en este proyecto para enriquecer la matriz actual de capacitación del personal.

7) Los cuatro participantes del grupo focal mencionaron al menos una oportunidad de mejora vinculada a los equipos disponibles en el laboratorio, donde se incluye la necesidad de renovar equipo muy antiguo, necesidad de aumentar algunos equipos de uso frecuente como por ejemplo analizador de grasa, requerimiento de equipos más modernos y automatizados que permitan reducir el tiempo de los diferentes procesos, como por ejemplo un evaporador múltiple, un analizador automatizado de proteína y un analizador automatizado de fibra; este último que además al ser más pequeño, permite aumentar el espacio disponible en el laboratorio.

8) Los analistas externaron un gran interés al conocer el histórico de uno de los indicadores de desempeño (cumplimiento de tiempo de entrega) y con esto se confirmó la recomendación planteada en este proyecto de implementar un mecanismo para el reporte periódico de indicadores a todo el personal. Al respecto, también se definió que se deben incorporar indicadores de proceso que permitan visualizar si es necesario hacer ajustes para cumplir con la meta de reducir el tiempo de entrega de informes, estos indicadores requieren el registro de los tiempos requeridos para la ejecución de los diferentes análisis, determinación de ensayos completos por semana para cada analista, análisis de datos de la frecuencia de reprocesos, entre otros. Para solventar este punto se generó los registros complementarios previamente presentados en las Figuras 13 y 14.

9) Dos de las personas participantes indican la necesidad de contratar más personal, tanto técnico como profesional, al respecto se define que es prioritario realizar un análisis de la capacidad del laboratorio que permita sustenta con datos esta decisión.

4.3.2. Análisis de brechas: comparación ISO 17025:2017, ISO 9001:2015 y OPEX

Se realizó un análisis integral al sistema OPEX propuesto en comparación con los requisitos de las normas ISO 17025:2017 e ISO 9001:2015, ambos sistemas ya implementados en el laboratorio; para identificar los requisitos específicos que requieren ser implementados para alcanzar la excelencia operacional en el laboratorio. En la Tabla 16 se muestra el resultado del contraste realizado, evidenciado el estado actual para cada grupo de requisitos y las recomendaciones técnicas para solventar los faltantes de implementación.

Tabla 16. Contraste del modelo OPEX con los requisitos de las normas ISO 17025:2017 y 9001:2015.

Dimensiones habilitadoras de OPEX		Requisito ISO/EIC 17025: 2017	ISO 9001	Estado actual	Observaciones
Contexto de la organización/elementos de entrada		5. Requisitos relativos a la estructura. 6. Requisitos relativos a los recursos 6.1. Generalidades 6.2. Personal 6.3. Instalaciones y condiciones ambientales 6.4. Equipamiento 6.5. Trazabilidad metrológica 6.6. Productos y servicios suministrados externamente.	4 Contexto de la organización 4.1 Comprensión de la organización y su contexto 4.2 Comprensión de las necesidades y expectativas de partes interesadas 4.3 Determinación del alcance del sistema de gestión de la calidad 4.4 Sistema de gestión de la calidad y sus procesos		
Estructura base del sistema	Visión y objetivos	8.2 Documentación del sistema de gestión (Opción A) 8.2.1 La dirección del laboratorio debe establecer, documentar y mantener políticas y objetivos para el cumplimiento del propósito de este documento y debe asegurarse de que las políticas y objetivos se entienden e implementen en todos los niveles de la organización del laboratorio. 8.2.2 Las políticas y objetivos deben abordar la competencia, la imparcialidad y la operación coherente del laboratorio.	5. Liderazgo y compromiso 5.2. Política: 5.2.1.-Establecimiento de la política de calidad. 5.2.2.-Comunicación de la política de la calidad. 6 – Planificación 2.-Objetivos de la calidad y planificación para lograrlos.		El laboratorio ya cuenta con estos elementos. Futuros objetivos propios del sistema de excelencia operacional pueden implementarse en procura de la mejora continua, acompañados de los correspondientes KPIs..
	Mapa de procesos	7 Requisitos del proceso	3 Enfoque en procesos		
	Metodología/filosofía de trabajo	No aplica	No aplica.		No definida en la actualidad, se recomienda trabajar bajo una metodología/filosofía <i>Lean Six Sigma</i> .

	Análisis de riesgos	<p>8.5 Acciones para abordar riesgos y oportunidades (Opción A).</p> <p>No hay un requisito para métodos formales para la gestión del riesgo o un proceso documentado de gestión del riesgo. Los laboratorios pueden decidir si desarrollan o no una metodología más exhaustiva para la gestión del riesgo que la requerida en este documento, por ejemplo, a través de la aplicación de otras guías o normas.</p>	<p>5.1.2. Enfoque al cliente</p> <p>b) se determinan y se tratan los riesgos y oportunidades que pueden afectar a la conformidad de los productos y los servicios y a la capacidad de aumentar la satisfacción del cliente;</p> <p>6. PLANIFICACIÓN</p> <p>6.1. Acciones para abordar riesgos y oportunidades</p>		<p>El laboratorio cuenta con una matriz detallada de riesgos con un abordaje general y específico para cada uno de los métodos. La última actualización de este instrumento es del 31 de enero del 2024 y se revisa y actualiza de forma sistematizada con la frecuencia ya establecida.</p> <p>Se recomienda prestar especial atención a los riesgos vinculados al recurso humano.</p>
Optimización de procesos	Análisis de flujos de trabajo	No aplica	No aplica		Los flujos de trabajo deben documentarse para posteriormente identificar los desperdicios y una vez solventados, estos flujos deberán ser actualizados. En la actualidad se tiene un flujo general del servicio y procedimientos estandarizados para las metodologías. Sin embargo, el esquema de flujo para las metodologías no se utiliza de forma generalizada y podría ayudar a identificar oportunidades de mejora.
	Automatización y digitalización	No aplica	No aplica		El laboratorio debe identificar, con un procedimiento estandarizado, todas las oportunidades de automatización y digitalización de procesos existentes.
	Estandarización de procesos	<p>7 Requisitos del proceso</p> <p>7.1 Revisión de solicitudes, ofertas y contratos</p> <p>7.2 Selección, verificación y validación de métodos</p> <p>7.3 Muestreo</p> <p>7.4 Manipulación de los ítems de ensayo o calibración</p> <p>7.5 Registros técnicos</p> <p>7.6 Evaluación de la incertidumbre de medición</p> <p>7.7 Aseguramiento de la validez de los resultados</p> <p>7.8. Informe de resultados</p> <p>7.9. Quejas</p> <p>7.10 Trabajo no conforme</p>	<p>8 Operación</p> <p>8.1 Planificación y control operacional</p> <p>8.2 Requisitos para los productos y servicios</p> <p>8.2.1 Comunicación con el cliente</p> <p>8.2.2 Determinación de los requisitos para los productos y servicios</p> <p>8.2.3 Revisión de los requisitos para los productos y servicios</p> <p>8.2.4 Cambios en los requisitos para productos y servicios</p> <p>8.3 Diseño y desarrollo de productos y servicios</p> <p>8.3.1 Generalidades</p> <p>8.3.2 Planeación del diseño y desarrollo</p> <p>8.3.3 Entradas para el diseño y desarrollo</p>		Si bien se trabaja con protocolos estandarizados para la ejecución de cada uno de los análisis ofrecidos a clientes externos, se requiere la revisión de los procedimientos existentes a nivel integral, en términos de oferta de servicios y no de la ejecución de los análisis de forma aislada, para identificar oportunidades de estandarización y seguidamente implementarlas.

		7.11 Control de los datos y gestión de la información	8.3.4 Controles del diseño y desarrollo 8.3.5 Salidas del diseño y desarrollo 8.3.6 Cambios en el diseño y desarrollo 8.4 Control de los procesos, productos y servicios suministrados externamente 8.4.1 Generalidades 8.4.2 Tipo y alcance del control 8.4.3 Información para proveedores externos 8.5 Producción y prestación del servicio 8.5.1 Control de la producción y prestación del servicio 8.5.2 Identificación y trazabilidad 8.5.3 Propiedad perteneciente a los clientes o proveedores externos 8.5.4 Preservación 8.5.5 Actividades posteriores a la entrega 8.5.6 Control de los cambios 8.6 Liberación de productos y servicios 8.7 Control de salidas no conformes		
Calidad y cumplimiento	Cumplimiento normativa y de regulaciones	5. Requisitos relativos a la estructura.	8.2.2. Determinación de requisitos para los productos y servicios		
	Gestión de calidad	Toda la norma	Toda la norma		
	Mantenimiento	6.4. Equipamiento	No aplica		
	Sistema de planificación y dirección		6 Planificación 6.1 Acciones para abordar riesgos y oportunidades 6.2 Objetivos de la calidad y planeación para lograrlos 6.3 Planeación de cambios		
Gestión del recurso humano	Capacitación y desarrollo del personal	6 requisitos relativos a los recursos 6.2 Personal			

	<p>Cultura de mejora continua</p>	<p>8.6 Mejora (opción a) 8.8 Auditorías internas (Opción A) 8.9 Revisiones por la dirección (Opción A)</p>	<p>5 Liderazgo 5.1 Liderazgo y compromiso 5.1.2 Enfoque al cliente 5.3 Roles, responsabilidades y autoridades en la organización 10. Mejora 10.1 Generalidades 10.2 No conformidad y acción correctiva 10.3 Mejora Continua</p>		<p>La principal diferencia entre lo existente en la actualidad, referente a mejora, en el laboratorio y lo requerido para el sistema OPEX es que se debe trabajar en involucrar más a todos el personal en los proyectos de mejora. La capacitación, el empoderamiento e involucrar a todo el personal fortalecerá los esfuerzos de mejora continua y contribuirá a la construcción de una cultura de mejora.</p>
<p>Monitoreo y medición de KPIs</p>	<p>7.7 Aseguramiento de la validez de los resultados 8.8 Auditorías internas (Opción A)</p>	<p>9. Evaluación del desempeño 9.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación 9.1.1 Generalidades 9.1.2 Satisfacción del cliente 9.1.3 Análisis y evaluación 9.2 Auditoría interna 9.3 Revisión por la dirección 9.3.1 Generalidades 9.3.2 Entradas para la revisión por la dirección 9.3.3 Salidas de la revisión por la dirección</p>			
<p>Otros requisitos</p>	<p>4 Requisitos generales 4.1 Imparcialidad 4.2 Confidencialidad 8.2 Documentación del sistema de gestión (Opción A) 8.3 Control de documentos del sistema de gestión (Opción A) 8.4 Control de registros (Opción A) 8.7 Acciones correctivas (Opción A)</p>	<p>7 Soporte 7.1 Recursos 7.1.1 Generalidades 7.1.2 Gente 7.1.3 Infraestructura 7.1.4 Ambiente para la operación de los procesos 7.1.5 Recursos de seguimiento y medición 7.1.6 Conocimiento de la organización 7.2 Competencia 7.3 Conciencia 7.4 Comunicación 7.5 Información documentada 7.5.1 Generalidades 7.5.2 Creación y actualización 7.5.3 Control de la información documentada</p>			

Fuente: elaboración propia.

4.3.3. Análisis del ajuste en los tiempos de entrega de informes de laboratorio

En etapas previas de este producto se indicó la importancia de diversificar los tiempos de entrega de los informes considerando algunos elementos como naturaleza de la muestra para análisis proximal (contenido de grasa). Para validar el impacto de modificar los tiempos de entrega de informes de resultados, dependiendo del paquete de análisis proximal realizado para los diferentes dos tipos de muestras según su contenido de grasa, se utilizaron los datos históricos del último año completo (2023). Este ejercicio se realizó al margen de los cambios sugeridos para determinar reducir el tiempo requerido para ejecutar estos ensayos pero permite confirmar que el laboratorio debe implementar tiempos de entrega diferentes dependiendo de las solicitudes.

Con el análisis de todos los datos (población) de tiempos de entrega de informes de análisis proximales del 2023, se determinó que el valor promedio de entrega de informes para ambos subgrupos. Considerando una promesa de tiempo de entrega de informes sugerida (que se basa en la tendencia actual) de **24 días** para ensayos con muestras con menos de 0,5% de grasa y de **35 días** para muestras con un contenido de grasa superior. Con estos valores se procedió a calcular el porcentaje de cumplimiento de tiempos de entrega diferenciados. Los resultados se muestran en la Tabla 17. Se observa que el porcentaje de cumplimiento del indicador para el periodo de estudio corresponde en ambos casos a un 94% (si se modifica el valor meta), valor por encima de la meta propuesta del 90% y superior al promedio del porcentaje de entrega de informes histórico registrado desde el año 2017. Cabe destacar que de mantenerse un tiempo estándar de entrega de informes, por ejemplo 24 días, el indicador de cumplimiento de tiempo de entrega para muestras con más contenido graso se reduce a un 84%, confirmando este hallazgo que la delimitación del tiempo de entrega de informes es relativa al tipo de muestra analizada.

Es muy importante aclarar que este ejercicio no es para proponer que los tiempos de entrega de informes se amplíen dado que esto es contradictorio con el objetivo de la implementación del sistema OPEX. La recomendación es implementar las mejoras identificadas en este proyecto y posterior a al menos un año de recopilación de información, ejecutar este mismo análisis estadístico para, bajo ese contexto, delimitar los tiempos de entrega específicos y

factibles para el análisis de cada tipo de muestra y para los diferentes análisis que ofrece el laboratorio.

Tabla 17. Cumplimiento en el tiempo de entrega de informes de análisis proximal de alimentos ejecutados en el año 2023 según el número de análisis realizado y tipo de muestra.

Tipo de muestra	Número de análisis por muestra	Números de propuestas (N)	Tiempo de entrega de informes sugerido (Promedio \pm desviación estándar)	Tiempo de entrega de informes (días hábiles) (Promedio \pm desviación estándar)	Porcentaje de cumplimiento de tiempo de entrega en función del tiempo de entrega sugerido para cada tipo de muestra (%)
Contenido de grasa > 0,5 g /100 g	8	21	35	27 \pm 8	94
Contenido de grasa < 0,5 g /100 g	7	15	24	18 \pm 6	94

Fuente: diseño propio.

Reconociendo de antemano que una vez incorporadas las recomendaciones planteadas en este proyecto, los tiempos registrados podrán disminuir considerablemente. Se sugiere aplicar las recomendaciones y monitorear mensualmente este indicador para validar la viabilidad del cambio y paulatinamente reducir el tiempo prometido al cliente para entrega de informes. Se reitera además la importancia de trabajar en la reducción de la variabilidad del tiempo de entrega de informes aplicando las estrategias recomendadas tales como planificar la producción, monitorear de forma periódica indicadores de proyección y no solo los indicadores de resultados y ajustar el procedimiento de ejecución de los diferentes ensayos al protocolo sugerido en la Figura 33.

Con este ejemplo se confirma, para los dos tipos de análisis proximales, que ajustar el tiempo de entrega utilizando como guía un análisis estadístico de los datos históricos permite elevar el resultado asociado al indicador de cumplimiento de tiempo de entrega de informes a los clientes. Se sugiere realizar esta modificación de tiempos de entrega para estos dos análisis

específicamente, monitorear mensualmente los resultados por un periodo mínimo de 12 meses y decidir, al concluir este periodo, si los tiempos deben modificarse, procurando en todo momento la reducción de la variabilidad y el tiempo de entrega de informes en general. Asimismo, se propone que la organización realice un estudio similar para los demás ensayos, especialmente para los paquetes que incluyen múltiples ensayos para delimitar un tiempo de entrega ajustado específico según el análisis o grupo de análisis solicitado. Es fundamental que durante este periodo de prueba se evalúe la satisfacción de los clientes para conocer si el cambio en el tiempo de entrega de informes propuesto genera algún efecto contraproducente o beneficioso en el grado de satisfacción de los usuarios.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y LECCIONES APRENDIDAS

4.1.DISCUSIÓN

Los sistemas de gestión de la calidad han evolucionado de forma gradual a través del tiempo impulsados por distintos factores como las necesidades cambiantes de las organizaciones, los avances en tecnología y las exigencias de mercados globalizados.

Este recorrido inicia con modelos muy básicos basados en un enfoque de corrección de defectos que se detectaban después de la producción. Seguidamente se introdujeron estrategias para la prevención de errores durante la producción y luego se incorporó la filosofía de mejora continua y el compromiso con la satisfacción del cliente. Eventualmente estos sistemas migran hacia la estandarización, lo cual se ve fortalecido con las certificaciones de normas internacionales e incorporando elementos de mejora de procesos y gestión de riesgos. Posteriormente, con la adopción de *Lean Management* y *Six Sigma* la gestión de la calidad introduce herramientas para aumentar la eficiencia eliminando desperdicios y para reducir la variabilidad de los procesos, esto último con la aplicación de análisis estadísticos y es gracias a la transformación digital y la automatización que los sistemas de gestión de la calidad iniciar un recorrido en la optimización de procesos llegando finalmente a la excelencia operacional que procura alcanzar niveles máximos de desempeño mediante la mejora continua, el empoderamiento del personal para liderar iniciativas de mejora y el uso estratégico de tecnología.

Se reporta en la literatura y a nivel industrial un número elevado de modelos para la implementación de los diferentes sistemas de gestión de la calidad en entornos de manufactura, sin embargo, las aplicaciones en el sector servicios son más limitadas. El laboratorio de análisis químicos del CITA por su parte se posiciona como un entorno ideal para la migración hacia un sistema de excelencia operacional, dada la robustez de los sistemas de calidad existentes y la cultura de mejora continua ya presente en la organización.

Esta investigación ofrece una guía metodológica para la implementación de un sistema OPEX en el laboratorio de química del CITA, se inicia con un proceso de diagnóstico

situacional que incorpora tres elementos, la descripción y caracterización del servicio, revisión de indicadores existentes de calidad (indicadores claves de rendimiento, KPIs) históricos y aplicación de herramienta para identificar el grado de cumplimiento de los requisitos de un sistema OPEX. Esta información se utilizó eventualmente para identificar las áreas en las que los procesos actuales no cumplen con los estándares requeridos de excelencia (*Gaps* de mejora). La ejecución de esta etapa resultó esencial en la investigación dado que ofrece un panorama general de la situación actual en función del objetivo propuesto y facilita el planteamiento de una solución integral a una problemática puntual identificada que corresponde al aumento en el cumplimiento de los tiempos de entrega de informes a clientes externos; un indicador existente pero con un porcentaje histórico de incumplimiento del 12,5% y caracterizado por una elevada variabilidad.

Considerando los insumos obtenidos con el diagnóstico, se procede a desarrollar una guía metodológica para el sistema OPEX del laboratorio, prestando particular atención a las oportunidades de mejora reveladas que incluyen temas de visualización de resultados, incorporación de la voz de todos los colaboradores en los proyectos de mejora, ejecución de un proyecto para definir la planificación de la producción (ejecución e ensayos) en el laboratorio, entre otros. El desarrollo de esta propuesta aborda recomendaciones que deben implementarse al margen de la migración hacia OPEX además de las dimensiones habilitadoras del sistema propuesto.

En la etapa de validación del proyecto, se probó la viabilidad y pertinencia del uso de la herramienta *focus group* como recurso de investigación cualitativa para solventar el reto de incorporar la voz de los colaboradores en los proyectos de mejora continua en el laboratorio, evidenciándose el gran potencial de esta herramienta para este fin dadas las recomendaciones técnicas derivadas de dicha actividad. Asimismo, se ejecuta un análisis comparativo y de brechas para contrastar los requisitos del modelo OPEX propuesto y los dos sistemas de gestión ya implementados en el laboratorio (ISO 9001:2015 e ISO 17025: 2017) y por último se analiza el impacto de implementar la recomendación de ajuste en los tiempos de entrega de informes de laboratorio para reducir variabilidad y aumentar porcentaje de cumplimiento de este indicadores.

Durante la ejecución del diagnóstico se encuentra que el tiempo de entrega actual ofrecido a los clientes (20 días), no se estableció posterior a un análisis estadístico de los datos disponibles y tampoco consideró la diferencia entre los servicios que ofrece el laboratorio. Se determina además que previamente este plazo era mayor (5 semanas), sin embargo, por análisis de indicadores previos a la fecha de ese análisis y por un acuerdo en revisión por la dirección, se toma de decisión de la disminución en el tiempo en procura de un aumento en la satisfacción de los clientes. Esta decisión no se acompañó de una validación para confirmar que el nuevo plazo establecido era realista considerando la complejidad del servicio ofrecido y la disponibilidad de personal y equipos.

En función del papel integrado de los recursos humanos y la gestión del conocimiento en un laboratorio y su implicación en la oferta satisfactorio y a tiempo del servicio, es evidente en este punto la necesidad de establecer prontas estrategias para proveer a todo el personal de las competencias técnicas y conocimientos requeridos de tal forma que su rol sea más flexible y su ausencia implica un menor impacto en la oferta del servicio. Se recomienda además explicar la posibilidad de automatizar algunas de las etapas de los diferentes análisis realizados con la intención de aumentar la productividad y reducir el impacto del recurso humano en la conclusión a tiempo de los compromisos. Para este fin es fundamental considerar que la adopción de un sistema de producción alineado a los principios de industria 4.0/5.0 I4.0 implicará la inclusión de un sistema de trabajo que permita a las máquinas digitales realizar rutinas productivas utilizando varias tecnologías, incluida la inteligencia artificial, el internet de las cosas, entre otros. No obstante, la adopción de estas tecnología afecta las rutinas de trabajo, la planificación y la toma de decisiones, y exige por tanto nuevas proveer a los trabajadores de nuevas competencias de tal forma que ante la automatización o incorporación de elementos de I4.0, el personal logre gestionar de forma autónoma nuevas tareas y rutinas, encontrar soluciones y resolver problemas de forma colaborativa con recursos tecnológicos, lo que exige compromiso para el autoaprendizaje y el autodesarrollo; recursos que deben ser provistos y promovidos por la organización (Ribeiro et al., 2024).

Por su parte, un control estricto de la calidad de los proveedores es fundamental para cualquier organización que busque implementar un sistema de excelencia operacional dado que fallas en la misma pueden causar problemas en la calidad del servicio, retrasos en la oferta del servicio, pérdidas financieras y descrédito en el mercado (Gonçalves Dos Reis et al., 2023). Se recomienda por tanto desarrollar un sistema que permita un control efectivo de la información sobre los proveedores clave de los servicios más comúnmente ofrecidos en el laboratorio. Además de los estándares de calidad existentes, la Gerencia y Subgerencia técnica del laboratorio deberá analizar, de forma organizada, el mayor número posible de proveedores capaces de cumplir con los requisitos esperados del laboratorio de acuerdo con las necesidades y previsiones de demanda y pasando por las etapas de evaluación inicial, desempeño seguimiento y reevaluación (Gonçalves Dos Reis et al., 2023). Al respecto, se sugiere integrar y coordinar las operaciones de la cadena de suministro con el objetivo de hacer coincidir la demanda con los requisitos de la cadena de suministro en miras de ser competitivo en el mercado (Bozutti & Esposto, 2019).

Finalmente, es fundamental la implementación de alguna herramienta para predicción de la demanda de los servicios considerando el historial de solicitudes y alinear esta demanda a la programación de actividades. En la actualidad, las organizaciones deben percibir y satisfacer las necesidades de los clientes; comprensión que se denomina enfoque impulsado por la demanda. Para esto es necesario establecer un patrón de respuestas para responder rápida y eficientemente a las solicitudes de los clientes de acuerdo con sus necesidades de tiempo, precio, calidad y cantidad. Una organización debe ser impulsada por la demanda debido a (1) los mercados son volátiles, (2) la demanda fluctúa, (3) los productos ó servicios son especializados, (4) los productos ó servicios tienen mayor variedad, (5) necesidad de instalaciones de bajo costo y (6) enfoque externo (Bozutti & Esposto, 2019); cumpliendo el laboratorio de química del CITA con cuatro de estos elementos.

Para desarrollar un modelo impulsado por la demanda es fundamental que la organización garantice los siguientes elementos (Bozutti & Esposto, 2019): procesos de control definidos; herramientas y métodos integrados de apoyo a la toma de decisiones integrados; roles claros

y definidos, modelos de colaboración aplicados, medición del desempeño; tecnologías de la información y las comunicaciones habilitadas.

Es relevante resaltar que la mayoría de recomendaciones propuestas en la actividad de *focus group* se alinean a la metodología *Single Minute Exchange of Dies* (SMED, por sus siglas en inglés), desarrollada por Shigeo Shingo en la década de 1950 en Japón. Específicamente destaca que con estas acciones el laboratorio se orienta a estandarizar y simplificar las operaciones. En la literatura se reportan numerosas experiencias de aplicación de SMED en procesos de manufactura (automotriz, alimentaria, petróleo, gas, entre otras), sin embargo, con este ejemplo queda en evidencia que los principios son aplicables también al sector servicios y en específico a laboratorios de análisis de calidad. SMED divide la configuración en actividades internas, realizadas cuando la máquina está parada y actividades externas, realizadas mientras la máquina está en funcionamiento. Luego, emplea estrategias adecuadas, como duplicación, ejecución paralela y estandarización, para convertir actividades internas en externas y racionalizar ambas para minimizar la parada de producción (Khakpour et al., 2024). Con la reducción del tiempo dedicado al fraccionamiento de la muestra se aplica el principio de reducción del tiempo de preparación y se aplica además la implementación de ejecución en paralelo y estandarización de actividades, acciones concretas que permiten realizar una reducción significativa del tiempo requerido para concretar las actividades sin comprometer la calidad del servicio y en consecuencia significa entregas más rápidas asociadas a menos tiempo de entrega y menos tiempo de espera por parte del cliente.

4.2.LECCIONES APRENDIDAS

- La multidisciplinariedad en la formación de un profesional otorga una visual amplia de los problemas y facilita la generación de soluciones integrales. Asimismo, incorporar profesionales de diferentes disciplinas en los equipos dedicados a los proyectos de mejora continua facilita el abordaje de los diferentes retos que enfrentan las organizaciones. En esta experiencia, la colaboración como tesiera con especialistas en ingeniería industrial, química, tecnología de alimentos y estadística resultó en extremo enriquecedora para el

planteamiento de un modelo OPEX dirigido a un entorno complejo de oferta de servicios como lo es un laboratorio de análisis químicos de alimentos.

- Una formación académica basada en los principios científicos-didácticos de universalidad, espacialidad, temporalidad, interdependencia, causalidad, identidad y relatividad representa una herramienta invaluable para que un profesional con una formación base en una disciplina diferente a la ingeniería industrial, como es el caso de la tesitaria, pueda proponer un proyecto de mejora continua en un entorno ajeno a su trabajo regular y dedicado a la oferta de un servicio de alta complejidad.
- La formación a nivel de posgrado en ingeniería industrial dota de las herramientas requeridas para organizar y optimizar procesos, sistemas y organizaciones y facilita la guía necesaria para poder incorporar estas herramientas, en ocasiones ejemplificadas para entornos manufactureros, en el sector servicios. Esta investigación permitió, no solo a la tesitaria sino además a los miembros del laboratorio involucrados en el proceso, reconocer el valor de la incorporación de estas herramientas para la gestión y control de un proceso de alta especificidad.
- En la constancia y la disciplina, el deseo de seguir aprendiendo y la apertura para recibir realimentación, sugerencias y guía de especialistas se encuentra parte importante del éxito de todo proyecto, no siendo esta investigación la excepción.
- Incorporar la voz del recurso humano en los proyectos de mejora continua es indudablemente una estrategia requerida para facilitar la adopción de un sistema de excelencia operacional. Soluciones que no se pueden visualizar desde la teoría o por otras personas desde fuera de la organización resultan más que evidentes para los colaboradores involucrados en el día a día en los procesos y de ahí el valor de incorporar herramientas de análisis no solo cuantitativo sino además cualitativo en los sistemas de mejora continua.

- Una revisión exhaustiva de la literatura y de experiencias previas de implementación de la temática en diferentes entornos empresariales agiliza, orienta y clarifica la ruta a seguir para la ejecución de un proyecto de investigación aplicada.
- Para el planteamiento de un sistema OPEX en laboratorios de gestión de calidad o bien en otros entornos de manufactura u oferta de servicios no basta con el conocimiento de la teoría; reconocer la filosofía más apropiada (en este caso se decidió utilizar *Lean Six Sigma*), la cultura de la organización y la tecnología disponible, entiendo tecnología como las herramientas disponibles para operacionalizar una teoría o conocimiento científico; es fundamental.
- La experiencia de visualizar el camino requerido desde una organización con un sistema de gestión de calidad hacia un sistema OPEX permitió a la tesiaría reconocer la importancia de presta particular atención al valor y aporte del recurso humano para mejorar el desempeño de la organización.
- Todo sistema de gestión, aún aquellos robustos y maduros como el del laboratorio de química del CITA, tienen espacio para la mejora. La mejora continua como filosofía de trabajo trae múltiples beneficios, no solo a nivel profesional sino que incluso a nivel personal, y por tanto, mantenerse con apertura a reconocer las oportunidades de mejora permite el crecimiento de las organizaciones y de las personas que las integramos.
- Registrar indicadores de calidad históricos de un proceso es de alta relevancia, sin embargo, el establecimiento y monitoreo continuo de indicadores de predicción es fundamental, sobre todo cuando una organización detecta una oportunidad de mejora que no se resuelve a lo largo del tiempo. Asimismo, la incorporación del análisis estadístico de la información clarifica una problemática y facilita la generación de acciones de mejora concretas, específicas y verificables.
- Mantenerse actualizado como profesional permite identificar con mayor facilidad herramientas tradicionales y alternativas que pueden incorporarse en un proceso para

aumentar su eficiencia y con esto elevar la productividad de una organización. El cambio en todos los procesos es constante y mantenerse al día con las tendencias y recursos disponibles permite a las organizaciones y a los profesionales mantenerse competitivos y a la vanguardia en su campo de acción.

4.3.EL APORTE A LA ACADEMIA

Este proyecto evidencia la aplicación práctica de diversas herramientas de la ingeniería industrial, tanto cualitativas como cuantitativas, tradicionales y emergentes, en un entorno productivo complejo como lo es un laboratorio analítico que ofrece servicios al sector industrial de alimentos; un contexto poco convencional para la implementación de un sistema de excelencia operacional.

El modelo sugerido de excelencia operacional aporta, a través de la guía metodológica desarrollada, una hoja de ruta a seguir para la adopción de este tipo de sistemas en laboratorios que requieren de estructuración y sistematización en sus procesos para garantizar la veracidad de los resultados que ofrecen y la satisfacción de sus clientes. Asimismo, contribuye a esfuerzos de integración de diversos sistemas de gestión de la calidad y demuestra que la mejora continua, a través de un sistema OPEX, es una realidad tangible y de gran beneficio incluso para organizaciones que trabajan bajo sistemas de gestión de madurez reconocida.

La aplicación de la ingeniería industrial a través de metodologías de mejora continua (*Lean*, *Six Sigma*) y el planteamiento de soluciones basadas en datos en el proceso de desarrollo de un sistema OPEX para un laboratorio analítico de alimentos ejemplifica la diversidad de aplicaciones de esta área del conocimiento, refuerza el valor de incorporar al profesional con formación en el área y promueve la visualización de la adopción de estos recursos en otros entornos productivos, además de derivar en estudios de mejora continua con potencial de publicación que contribuyan al avance del conocimiento en la gestión de laboratorios y de la aplicación de OPEX para impactar de forma importante la productividad de una organización.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- 1) Se encontró que el atraso en los tiempos de entrega de informes del laboratorio de química del CITA y la alta variabilidad de estos tiempos, a partir del diagnóstico realizado que incluyó análisis estadístico de indicadores, entrevistas a colaboradores, revisión de informes de revisión por la dirección, comparación del sistema de calidad existente contrastado a lo requerido en las dimensiones habilitadoras de un sistema OPEX y aplicación de herramientas de *Lean Services Management*; es una problemática multifactorial a nivel de productividad y control de la misma que requiere intervención enfocada en el involucramiento de la voz del personal para el planteamiento y ejecución de proyectos de mejora continua, análisis y mejora de los flujos de trabajo y generación de un sistema de planificación, dirección y monitoreo; por lo tanto se puede concluir que resulta pertinente adoptar un sistema de excelencia operacional en el laboratorio que promueva un desempeño operativo superior con estrategias de mejora continua, alineando la gestión y empoderando al personal.

- 2) Se desarrolló la estructura de un sistema OPEX para el laboratorio de química del CITA, utilizando como referencia otros sistemas reportados en la literatura y sus dimensiones habilitadoras, la documentación existente en el laboratorio y la problemática en productividad identificada en el diagnóstico. Aplicando herramientas de *Lean Six Sigma*, se ejecutó además un proyecto de mejora continua puntual, introduciendo la voz de los colaboradores a través de un grupo focal, enfocado en reducir el tiempo de ejecución del paquete de análisis proximal de alimentos, para el cual se planteó un indicador y registros de monitoreo y seguimiento. A partir de esta experiencia se puede concluir que el sistema OPEX propuesto puede traer beneficios concretos a la organización en la arista de mejora de la productividad que resultan tangibles y esclarece las acciones futuras a seguir a nivel de planificación, dirección, monitoreo y seguimiento, mejora de los procesos actuales, requerimientos de capacitación del personal e integración del sistema OPEX con el sistema de calidad actual basado en ISO 9001 e ISO 17025.

3) Se encontró que aplicar algunas herramientas de la metodología de *Lean Six Sigma* en la reestructuración del proceso actual de ejecución de análisis proximales de alimentos permitió reducir de forma importante (33%) el tiempo requerido para ejecutar el servicio, validando este resultado la relevancia de implementar un sistema OPEX en el laboratorio. A través de este ejercicio puntual, la revisión del análisis de brechas existente entre el sistema de calidad actual y el sistema OPEX propuesto y la confirmación estadística de que el tiempo de entrega de informes no debe ser estándar y en su defecto debe considerar la naturaleza de la muestra y análisis solicitados, se puede concluir que el sistema propuesto es adecuado para la organización, particularmente al incluirse en la gestión visual de datos (*dashborad*) un indicador de productividad y una medición de la variabilidad vinculada al tiempo de entrega de informes, puede generar beneficios a corto plazo a nivel de productividad y su adopción no es contradictoria al sistema de calidad existente; por el contrario, se puede realizar la migración sin cambios sustanciales pero orientados a mejorar la productividad del laboratorio con el fin último de realizar un uso óptimo de los recursos que además se traduzca en satisfacción de los clientes.

4) La finalización de este proyecto, a través de la ejecución de un diagnóstico, desarrollo de la propuesta del sistema OPEX y validación de algunas recomendaciones puntuales ejecutadas, ha demostrado con éxito la viabilidad de desarrollar un sistema de excelencia operacional que permita mejorar la productividad en los procesos del laboratorio de análisis químicos del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica. Los resultados indican que el sistema, amparado en la aplicación de herramientas de *Lean Six Sigma* podría mejorar significativamente el porcentaje de cumplimiento del tema de entrega de informes indicado a los clientes externos del laboratorio.

6.2. RECOMENDACIONES

1) Los programas OPEX tradicionales fueron principalmente adoptados para cumplir los objetivos organizacionales en términos de eficiencia, rentabilidad, capacidad de respuesta y calidad y es en función de esta naturaleza que se propuso el sistema para el laboratorio. No obstante, se sugiere incorporar en un futuro cercano las dimensiones

ambientales, sociales y de riesgos laborales en el modelo de tal forma que el laboratorio cumpla con regulaciones y normativas ambientales y pueda ofrecer servicios sostenibles de bajo impacto ambiental y protegiendo al máximo la integridad de todos los colaboradores.

2) Estudiar la factibilidad de incorporar herramientas de industria 4.0 para la digitalización y automatización de equipos, análisis y procesos en el sector servicios y en específico en el laboratorio de química del CITA (agilizando labores desde la oferta del servicio y la comunicación con el cliente, hasta la ejecución de los análisis y la entrega de resultados), incluyendo pero no limitándose a herramientas basadas en inteligencia artificial, internet de las cosas, *cloud computing*, entre otros.

3) Considerando que los retos de la implementación de OPEX en servicios son diferentes a los de la manufactura, se recomienda la ejecución de más estudios futuros en el sector servicios para comprender los retos y oportunidades de la implementación de OPEX en este contexto así como identificar los retos más relevantes para implementar este sistema en pequeñas y medianas empresas y en entidades gubernamentales.

4) Considerando que un reto importante del proyecto fue desconocer de forma precisa el tiempo mínimo requerido para concretar cada uno de los análisis y si el analista responsable influye en este tiempo, se sugiere realizar un estudio detallado de tiempos y movimientos en el laboratorio, no solo para la oferta del paquete de análisis proximal sino para todos los servicios que ofrece el laboratorio, de tal forma que se use como base para definir la mejor estrategia para analizar y mejorar la eficiencia de los procesos de trabajo.

5) Realizar una validación práctica con un plan piloto para confirmar que las recomendaciones planteadas son realistas y aplicables en el laboratorio, que mejorar la eficiencia de sus procesos y que su aplicación es sujeta a escalabilidad en otros procesos para mejorar la productividad del laboratorio de forma integral.

ANEXO 1.

Herramienta diagnóstico del grado de operacionalización de las dimensiones habilitadoras de OPEX en un laboratorio.

Ítem	Pregunta	1 (0 pts.)	2 (25 pts.)	3 (50 pts.)	4 (75 pts.)	5 (100 pts.)	No sabe (0 pts.)
Mantenimiento y sistema de calidad							
Mantenimiento preventivo							
1	¿Cuál es el grado del cumplimiento del programa formal de mantenimiento del equipo en su laboratorio?	No hay un programa formal de mantenimiento	Existe un programa formal pero no es ampliamente visible	El programa formal existe y es visible pero no se cumple de forma consistente	El programa formal se cumple con regularidad pero no se actualiza regularmente	El programa formal se cumple a cabalidad y se actualiza con regularidad	
					x		
2	¿A qué grado se mantienen los trabajos de mantenimiento (e.gjm. programas de calibración) documentados, y los planes de mantenimiento y listas de chequeo colocadas cerca de los instrumentos?	Los trabajos, planes y listas de chequeo no están documentados ni disponibles cerca de los instrumentos	Los trabajos, planes y listas de chequeo están rara vez documentados y disponibles cerca de los instrumentos	Los trabajos, planes y listas de chequeo están algunas veces documentados y disponibles cerca de los instrumentos	Los trabajos, planes y listas de chequeo están regularmente documentados y disponibles cerca de los instrumentos	Los trabajos, planes y listas de chequeo siempre están documentados y disponibles cerca de los instrumentos	
					x		
3	¿A qué grado están los cuellos de botella potenciales de los equipos de laboratorio identificados y	Los equipos cuello de botella no han sido identificados	Los equipos cuello de botella están identificados pero no se dispone de repuestos/alternativas en el lugar	Se tienen repuestos/alternativas para algunos equipos de cuello de botella pero no de forma estandarizada para todo el laboratorio	Se tienen repuestos/alternativas para todos los equipos de cuello de botella	Los análisis cuellos de botella se actualizan con regularidad y los equipos están provistos de repuestos/sustituto	
				x			
4	¿A qué grado es el programa de mantenimiento continuamente optimizado basado en un análisis de fallos?	El análisis de fallas dedicado no se ha ejecutado	El análisis de fallas dedicado se ejecutó pero no se utiliza para optimizar el mantenimiento	El análisis de fallas se utiliza para optimizar el mantenimiento pero no de forma estandarizada para todo el laboratorio	El análisis de fallas se utiliza para optimizar el mantenimiento de forma estandarizada para todo el laboratorio	El análisis de fallas es actualizado con regularidad y utilizado para optimizar el mantenimiento.	
				x			
5	¿En qué medida el departamento de mantenimiento se enfoca en ayudar en el desempeño de los analistas con su propio mantenimiento preventivo?	Los analistas no reciben asistencia relacionada al mantenimiento preventivo	Los analistas reciben poca asistencia relacionada al mantenimiento preventivo	Los analistas reciben alguna asistencia relacionada al mantenimiento preventivo	Los analistas reciben asistencia significativa relacionada al mantenimiento preventivo	Los analistas reciben extensa asistencia relacionada al mantenimiento preventivo	
				x			
6	¿En qué medida participan activamente los analistas en el proceso de toma de decisiones a la hora de comprar nuevos equipos?	Los analistas no están involucrados en la compra de nuevos equipos	Los analistas rara vez son consultados en la compra de nuevos equipos	Algunas veces se consulta a los analistas cuando se compran nuevos equipos	Los analistas se consultan regularmente cuando se compran nuevos equipos	Los analistas están estrechamente involucrados en la compra de nuevos equipos	
				x			

7	¿En qué medida su equipo recibe mantenimiento a nivel interno <i>versus</i> a nivel externo?	<20% del mantenimiento se realiza internamente	20% - 40% del mantenimiento se realiza internamente	40% - 60% del mantenimiento se realiza internamente	60% - 80% del mantenimiento se realiza internamente	>80% del mantenimiento se realiza internamente	
				x			
8	¿En qué medida los esfuerzos de mantenimiento preventivo se enfocan en actividades proactivas en lugar de actividades reactivas?	<20% de las actividades se enfocan en un mantenimiento proactivo	20% - 40% de las actividades se enfocan en un mantenimiento proactivo	40% - 60% de las actividades se enfocan en un mantenimiento proactivo	60% - 80% de las actividades se enfocan en un mantenimiento proactivo	>80% de las actividades se enfocan en un mantenimiento proactivo	
				x			
Evaluación y uso de tecnología							
9	¿En qué medida se sitúa el laboratorio a la vanguardia de las nuevas tecnologías?	No se buscar usar nuevas tecnologías a la vanguardia	Raramente se usan nuevas tecnologías de vanguardia	Algunas veces se incorporan nuevas tecnologías de vanguardia	Con regularidad se incorporan nuevas tecnologías de vanguardia	Siempre se incorporan nuevas tecnologías de vanguardia	
				x			
10	¿En qué medida examina el mercado en busca de nuevas tecnologías de producción y evalúa las nuevas tecnologías en cuanto a sus beneficios técnicos y financieros?	No se examinan ni evalúan nuevas tecnologías	Raramente se examinan y evalúan nuevas tecnologías	Algunas veces se examinan y evalúan nuevas tecnologías	Regularmente se examinan y evalúan nuevas tecnologías	Siempre se examinan y evalúan nuevas tecnologías	
				x			
11	¿En qué medida está el laboratorio usando nuevas tecnologías efectivamente?	No se han introducido nuevas tecnologías en los últimos 5 años	Estamos interesados en mejorar la tecnología pero no hemos dedicado mucho capital en esto	Buscamos incluir nuevas tecnologías y dedicamos algún capital a esto	Buscamos incluir nuevas tecnologías y dedicamos una porción significativa de nuestro capital a esto	Nuestro laboratorio se utiliza para probar nuevas tecnologías dentro de nuestra red	
				x			
12	¿En qué medida el laboratorio depende de los proveedores para sus equipos?	<20% de los equipos proviene de proveedores	20% - 40% de los equipos proviene de proveedores	40% - 60% de los equipos proviene de proveedores	60% - 80% de los equipos proviene de proveedores	>80% de los equipos proviene de proveedores	
						x	
13	¿En qué medida se utilizan equipos y tecnologías de proceso patentados para obtener una ventaja competitiva?	Utilizamos tecnología y equipos de proceso de estantería (comercial).	Compramos equipo en el mercado y lo usamos con modificaciones mínimas.	Compramos equipo en el mercado y ejecutamos las modificaciones necesarias.	Compramos equipo en el mercado y lo modificamos para ajustarse a nuestras necesidades.	Construimos equipo que se ajuste a nuestras necesidades – si no existe en el mercado lo construimos	
		x					
14	¿En qué medida pone y enfatiza la implementación de un sistema de laboratorio inteligente?	No ponemos énfasis en la implementación de un sistema de laboratorio inteligente	Ponemos poco énfasis en la implementación de un sistema de laboratorio inteligente	Ponemos algo de énfasis en la implementación de un sistema de laboratorio inteligente	Ponemos énfasis en la implementación de un sistema de laboratorio inteligente pero raramente revisamos nuevas soluciones inteligentes	Ponemos fuente interés en la implementación de un sistema de laboratorio inteligente y regularmente revisamos nuevas soluciones inteligentes	

				x			
15	¿En qué medida se esfuerzan los colaboradores por mantener el laboratorio limpio y ordenado?	La limpieza no es una parte central de nuestras iniciativas de mejora.	La limpieza es una pequeña parte de nuestras iniciativas de mejora.	La limpieza es una parte razonable de nuestras iniciativas de mejora y parte de nuestro programa de capacitación y entrenamiento	La limpieza es una parte significativa de nuestras iniciativas de mejora y parte de nuestro programa de capacitación y entrenamiento	La limpieza es el énfasis de nuestras iniciativas de mejora y realizamos auditorías regularmente	
16	¿En qué medida se colocan en su lugar las herramientas y los consumibles?	No se cuentan con procedimientos formales de orden y limpieza	Los procedimientos formales de orden y limpieza existen pero no están visibles	Los procedimientos formales de orden y limpieza existen y están visibles, pero su aplicación no es de forma uniforme	Los procedimientos formales de orden y limpieza se cumplen en el laboratorio	Los procedimientos formales de orden y limpieza se actualizan con regularidad y se cumplen en todo el laboratorio	
17	¿En qué medida se utilizan listas de chequeo para el monitoreo continuo del orden y la limpieza de los equipos?	No se cuenta con listas de chequeo para monitorear al orden y la limpieza	Las listas de chequeo para monitorear el orden y la limpieza existen pero no son tan visibles	Las listas de chequeo para monitorear el orden y la limpieza existen y están visibles, pero su aplicación no es de forma uniforme	Las listas de chequeo para monitorear el orden y la limpieza se cumplen en el laboratorio	Las listas de chequeo para monitorear el orden y la limpieza se actualizan con regularidad y se cumplen en todo el laboratorio	
18	¿En qué medida realiza una revisión periódica de la situación actual (por ejemplo, realizando un recorrido) en su laboratorio para identificar posibles áreas de mejora (por ejemplo, realizando un análisis de deficiencias)?	La situación actual se revisa con regularidad	Rara vez se realiza una revisión de la situación actual	Algunas veces se realiza una revisión de la situación actual	Con regularidad se revisa la situación actual pero no siempre se utilizan herramientas para identificar las áreas de mejora	Con regularidad se revisa la situación actual y se utilizan herramientas para identificar las áreas de mejora	
Gestión de procesos							
19	¿En qué medida están los procesos directos e indirectos documentados?	No existe documentación	La documentación existe pero no es accesible	La documentación existe y es accesible pero no se aplica de forma estandarizada	La documentación es aplicada con regularidad pero no se actualiza regularmente	La documentación se aplica a cabalidad y es actualizada con regularidad	
20	¿En qué medida la calidad de los procesos se mide continuamente utilizando métricas de proceso?	No se tiene una definición clara de las métricas	Pocas métricas claramente definidas pero no se aplican con regularidad	Algunas métricas estandarizadas que se aplican ocasionalmente	Un set robusto de métricas estandarizadas de uso continuo	Un set robusto de métricas estandarizadas e indicadores de seguimiento y cumplimiento en constante uso	

21	¿En qué medida hay propietarios de procesos dedicados definidos y responsables de planificar, gestionar y mejorar sus procesos?	No hay responsables de procesos definidos	Algunos procesos cuentan con responsables definidos	Hay responsables definidos de procesos pero con pocas responsabilidades asociadas	Hay responsables definidos de procesos para su planeamiento y gestión	Hay responsables definidos de procesos para su planeamiento, gestión y mejora	
					x		
22	¿Qué proporción de los equipos en el laboratorio están actualmente bajo control estadístico de procesos?	<20% de los equipos	20% - 40% de los equipos	40% - 60% de los equipos	60% - 80% de los equipos	>80% de los equipos	
						x	
23	¿En qué medida están implementadas herramientas estandarizadas para análisis de causa raíz, para tener una comprensión más profunda de los factores que influyen?	No hay herramientas implementadas	Algunas herramientas implementadas pero no estandarizadas	Herramientas estandarizadas implementadas pero no se aplican de forma estandarizada en todos los procesos	Herramientas estandarizadas utilizadas con regularidad	Herramientas estandarizadas utilizadas con regularidad y parte elemental en las capacitaciones del personal	
					x		
Estandarización y simplificación							
24	¿En qué medida se utiliza un énfasis de estandarización para la mejora continua de los procesos del laboratorio y los equipos?	No se comunica la estandarización como parte del programa de mejora para el laboratorio	La estandarización se comunica pero no se enfatiza en el laboratorio	Se enfatiza en la estandarización pero no de forma homogénea a través de todos los procesos y equipos	Se enfatiza en la estandarización a través de todos los procesos y equipos pero no es un elemento clave del programa de mejora	La estandarización es el centro del programa de mejora tanto para procesos como equipos	
						x	
25	¿En qué medida se utilizan los procedimientos operativos documentados para la estandarización de procesos?	La documentación no existe	La documentación existe pero no promueve su cumplimiento	La documentación existe, es accesible pero no se cumple de forma estandarizada en todos los procesos	Los procesos se adhieren con regularidad a la documentación pero no son regularmente actualizados	Los procesos se adhieren estrictamente a la documentación y se actualizan con regularidad	
					x		
26	¿En qué medida están documentados los procedimientos operativos optimizados del laboratorio (ejemplo: reducción de tiempos de preparación) como una buena práctica de proceso e implementados para toda la calidad de la organización?	Las mejores prácticas no están documentadas	Las mejores prácticas están documentadas pero no están implementadas	Las mejores prácticas están documentadas e implementadas pero en forma desigual a través de la calidad de la organización	Las mejores prácticas se comparten a través de toda la calidad de la organización pero no con regularidad	Las mejores prácticas se comparten a través de la calidad de la organización con regularidad	
						x	
27	¿En qué medida están estandarizados descriptores funcionales utilizados para	Los descriptores funcionales estandarizados no existen	Los descriptores funcionales estandarizados	Los descriptores funcionales estandarizados forman parte de la capacitación del nuevo	Los descriptores funcionales estandarizados forman	Los descriptores funcionales estandarizados forman	

	reducir el periodo de entrenamiento para nuevos colaboradores?		existen pero o se utilizan para la capacitación	personal pero no reducen el tiempo	parte de la capacitación del nuevo personal y reducen el tiempo de preparación poco	parte de la capacitación del nuevo personal y reducen el tiempo de preparación significativamente	
					x		
28	¿En qué medida están los equipos del laboratorio estandarizados (ejemplo: estandarización de diseño, estandarización de repuestos) y utilizados para alcanzar un tiempo de funcionamiento elevado de los mismos?	Los equipos no están estandarizados	Una parte pequeña de los equipos está estandarizado	Algunos equipos están estandarizados	La mayoría de los equipos están estandarizados	Todos los equipos están estandarizados a lo largo del laboratorio	
					x		
29	¿En qué medida se procura reducir los costos de los materiales para ayudar a la estandarización de los equipos (ejemplo; repuestos) y consumibles estandarizados	Equipo y consumibles no están estandarizados	Existe poca estandarización en equipos y consumibles, pero esto no reduce el costo de los materiales	Existe alguna estandarización de consumibles y equipos pero esto no reduce el costo de los materiales	El uso de equipos y consumibles estandarizados reduce un poco los costos de los materiales	El uso de equipos y consumibles estandarizados reduce significativamente un poco los costos de los materiales	
				x			
Sistema de planificación y dirección							
Reducción de los tiempos de preparación/configuración							
30	¿En qué medida se trabaja continuamente para reducir los tiempos de preparación/configuración y limpieza del laboratorio?	No se busca continuamente mejorar los tiempos de preparación/configuración y limpieza	Continuamente la mejora de los tiempos de preparación/configuración y limpieza es una pequeña parte de las iniciativas de mejora	Continuamente la mejora de los tiempos de preparación/configuración y limpieza es una parte razonable de las iniciativas de mejora	Continuamente la mejora de los tiempos de preparación/configuración y limpieza es una parte significativa de las iniciativas de mejora	Continuamente la mejora de los tiempos de preparación/configuración y limpieza es una parte elemental de las iniciativas de mejora	
			x				
31	¿Hasta qué punto los analistas practican las configuraciones/preparaciones de análisis y equipos para reducir el tiempo requerido?	Los analistas no practican las configuraciones/preparaciones	Los analistas rara vez practican las configuraciones/preparaciones	Algunas veces los analistas practican las configuraciones/preparaciones	Los analistas practican con regularidad las configuraciones/preparaciones	Los analistas practican continuamente las configuraciones/preparaciones	
						x	
32	¿Cuál proporción de las configuraciones/preparaciones están programadas para que el proceso de análisis no se vea afectado (ejemplo: reducir los tiempos de entrega)?	<20% de las configuraciones/preparaciones	20% - 40% de las configuraciones/preparaciones	40% - 60% de las configuraciones/preparaciones	60% - 80% de las configuraciones/preparaciones	>80% de las configuraciones/preparaciones	
				x			

33	¿En qué medida están documentados los procedimientos de configuraciones/preparaciones y limpieza optimizados implementados en todo el laboratorio?	Las mejores prácticas no están documentadas	Las mejores prácticas están documentadas pero no están implementadas	Las mejores prácticas están documentadas e implementadas pero en forma desigual a través de la calidad de la organización	Las mejores prácticas se comparten a través de toda la calidad de la organización pero no con regularidad	Las mejores prácticas se comparten a través de la calidad de la organización con regularidad	
					x		
Enfoque de “jalado” (tracción)							
34	¿Se utiliza un sistema de “jalado” o tracción (cuadros Kanban, contenedores o señales) para los consumibles?	No se utiliza un sistema de “jalado” o tracción para los consumibles y no se tiene pensado introducirlo	No se utiliza un sistema de “jalado” o tracción para los consumibles pero se quiere implementar	Se está implementando en la actualidad un sistema de “jalado” o tracción para los consumibles	Se tiene implementado un sistema de “jalado” o tracción para los consumibles	Se tiene implementado un sistema de “jalado” o tracción para los consumibles y se mejora continuamente	
		x					
35	¿En qué medida se realizan los análisis de acuerdo con el pronóstico?	No se realizan los análisis de acuerdo al pronóstico	Se realizan pocos análisis de acuerdo con el pronóstico	Realizamos algunos análisis de acuerdo al pronóstico	Se realizan la mayoría de los análisis de acuerdo al pronóstico para una utilización de la capacidad máxima	Se realizan la mayoría de los análisis de acuerdo al pronóstico pero se puede reaccionar con flexibilidad a los cambios de último momento	
					x		
36	¿En qué medida tiene herramientas instaladas para una demanda regular y un análisis de capacidad del equivalente a tiempo completo?	No se tienen instrumentos instalados para analizar la demanda y la capacidad equivalente a tiempo completo y no se tiene la intención de hacerlo en el futuro	No se tienen instrumentos instalados para analizar la demanda y la capacidad equivalente a tiempo completo pero se tiene la intención de hacerlo en el futuro	Actualmente se están implementando instrumentos para analizar la demanda ó la capacidad equivalente a tiempo completo	Se tiene implementando un instrumento para analizar la demanda ó la capacidad equivalente a tiempo completo	Se tiene implementando instrumento para determinar tanto la demanda como la capacidad equivalente a tiempo completo	
			x				
Optimización del diseño del laboratorio (distribución)							
37	¿En qué medida están sus procesos localizados en cercanía entre ellos de tal manera se minimiza el manejo de materiales y almacenamiento de consumibles?	Los procesos relacionados no están localizados en cercanía entre ellos	Una parte menor de los procesos relacionados están localizados en cercanía entre ellos	Algunos de los procesos relacionados están localizados en cercanía entre ellos	La mayoría de los procesos relacionados están localizados en cercanía entre ellos	Los procesos relacionados están localizados en cercanía entre ellos a través de todo el laboratorio	
					x		
38	¿Qué proporción de las muestras a analizar se clasifican en grupos similares según los requerimientos de procesamiento para reducir los	<20% de las sustancias/productos (muestras)	20% - 40% de las sustancias/productos (muestras)	40% - 60% de las sustancias/productos (muestras)	60% - 80% de las sustancias/productos (muestras)	>80% de las sustancias/productos (muestras)	

	tiempos de configuración/preparación?				x		
39	¿En qué medida la distribución del laboratorio facilita bajos inventarios y el rendimiento?	La distribución del laboratorio no está optimizada para los inventarios y rendimiento	La distribución del laboratorio está optimizada en una o dos partes del laboratorio	La distribución del laboratorio está optimizada en algunas partes del laboratorio	La distribución del laboratorio está optimizada en la mayoría de las partes del laboratorio	La distribución está optimizada en todo el laboratorio	
					x		
40	¿En qué medida la distribución del laboratorio es caracterizada y separada en “mini laboratorios”, si las muestras han sido clasificadas en requerimientos específicos?	La distribución del laboratorio no está separado en “mini laboratorios”	La distribución está separada en “mini laboratorios” en una o dos partes del laboratorio	La distribución está separada en “mini laboratorios” en algunas partes del laboratorio	La distribución está separada en “mini laboratorios” en la mayoría de partes del laboratorio	La distribución está separada en “mini laboratorios” en todo el laboratorio	
		x					
41	¿En qué medida sus procesos de análisis, desde el recibo de la muestra hasta la entrega del informe de resultados, casi no implican interrupciones y pueden describirse como un flujo continuo y completo?	El flujo continuo no es una parte central de los objetivos del laboratorio	El flujo continuo es una pequeña parte de los objetivos del laboratorio	El flujo continuo es una parte razonable de los objetivos del laboratorio	El flujo continuo es una parte significativa de los objetivos del laboratorio	El flujo continuo es una parte central de los objetivos del laboratorio	
					x		
42	¿En qué medida utiliza el “mapeo de flujo de valor” como metodología para visualizar y optimizar procesos?	El mapeo del flujo de valor no se utiliza	El mapeo del flujo de valor es raramente utilizado	El mapeo del flujo de valor se utiliza algunas veces	El mapeo del flujo de valor se utiliza con regularidad	El mapeo del flujo de valor se utiliza extensivamente	
		x					
Adherencia a la planificación							
43	¿En qué medida se cumple los planes diarios de análisis del laboratorio?	<20% de los días	20% - 40% de los días	40% - 60% de los días	60% - 80% de los días	>80% de los días	
				x			
44	¿En qué medida conocen las causas raíz de la variancia en la programación del trabajo en el laboratorio y tratan continuamente de eliminarlas?	No se tiene una visión clara de la causa raíz de la variación	Se tiene algunas causas raíz identificadas, pero no trabajamos para eliminarlas	Tenemos claridad de las causas raíz de la variabilidad, pero no trabajamos de forma uniforme para eliminarlas	Tenemos claridad de las causas raíz de la variabilidad y trabajamos regularmente para eliminarlas	Tenemos claridad de las causas raíz de la variabilidad y trabajamos de forma continua para eliminarlas	
				x			
45	¿En qué medida su laboratorio tiene turnos de trabajo flexibles para ajustar fácilmente la capacidad de acuerdo con los cambios de demanda actuales?	No se tiene un modelo flexible de turnos de trabajo	Se tiene un modelo de turnos flexible para la menos parte de los colaboradores del laboratorio	Se tiene un modelo de turnos flexible algunos de los colaboradores del laboratorio	Se tiene un modelo de turnos flexible para la mayoría de los colaboradores del laboratorio	Se tiene un modelo de turnos flexible para todos los colaboradores del laboratorio	
		x					

46	Más allá de los turnos de trabajo flexible, ¿se asignan recursos adicionales dentro del laboratorio para realizar pruebas durante picos de trabajo o subcontrata actividades?	No se tiene una estrategia clara acerca de cómo manejar los picos de trabajo	Rara vez seguimos uno o dos objetivos durante los picos de trabajo	Algunas veces asignamos recursos adicionales o subcontratamos actividades durante picos de trabajo	Con regularidad se asignan recursos extra o se subcontratan servicios durante los picos de trabajo	Siempre se asignan recursos extra o se subcontratan servicios durante los picos de trabajo	
			x				
47	¿En qué medida prefiere incrementar productividad en lugar de reducir los plazos de entrega o viceversa?	No se tiene una estrategia clara sobre cómo manejar este balance	Solo se siguen uno o dos objetivos	Se trata de seguir ambos objetivos pero no somos exitosos	Se busca encontrar un balance óptimo entre aumentar la productividad y reducir los tiempos de entrega de reportes	Encontramos un balance óptimo entre aumentar la productividad y reducir los tiempos de entrega de reportes	
					x		
Gestión visual							
48	¿En qué medida utiliza gráficos de desempeño para mostrar el desempeño de los objetivos a nivel semanal/mensual/anual?	No se utilizan gráficos de desempeño en el laboratorio	Los gráficos de desempeño se utilizan solo por algunos pocos procesos	Los gráficos de desempeño se utilizan a lo largo de la mayoría de los procesos para mostrar los objetivos	Los gráficos de desempeño se utilizan en todos los procesos clave para mostrar los objetivos	Con una actualización regular a través de todos los procesos clave se utilizan gráficos de desempeño para mostrar los objetivos	
			x				
49	¿En qué medida se utilizan gráficos para mostrar el estado actual del desempeño en su laboratorio? (Ejemplo: tasa actual de “Bien la primera vez”)	No se utiliza en la actualizad gráficos de desempeño en el laboratorio	Los gráficos de desempeño se utilizan para unos pocos procesos para mostrar los indicadores clave de rendimiento actuales	Los gráficos de desempeño se utilizan muestran a través de la mayoría de procesos los indicadores clave de rendimiento actuales	Los gráficos de desempeño se utilizan muestran en los procesos críticos los indicadores clave de rendimiento actuales	Con una actualización regular se utilizan los gráficos de desempeño para todos los procesos críticos para mostrar los indicadores clave de rendimiento actuales	
			x				
Sistema de gestión							
Compromiso de gestión y cultura empresarial							
50	¿En qué medida la jefatura de gestión de la calidad empodera continuamente al personal para mejorar los procesos y reducir los errores?	La jefatura de gestión de calidad no busca empoderar a los colaboradores del laboratorio	La jefatura de gestión de calidad promueve actividades de mejora continua a través de diferentes medios	La jefatura de gestión de calidad busca con regularidad empoderar a los colaboradores del laboratorio hacia la mejora pero esto no ocurre de forma estandarizada/homogénea	La jefatura de gestión de calidad busca con regularidad empoderar a los colaboradores del laboratorio hacia la mejora	La jefatura de gestión de calidad busca activa y continuamente empoderar a los colaboradores del laboratorio hacia la mejora	
					x		
51	¿En qué medida está la jefatura de gestión de calidad personalmente involucrada en proyectos de mejora?	La jefatura de gestión de calidad no está involucrada en proyectos de mejora	La jefatura de gestión de calidad está involucrada en plantear objetivos de	La jefatura de gestión de calidad está, algunas veces, involucrada personalmente en los proyectos de mejora del laboratorio	La jefatura de gestión de calidad está, con regularidad, involucrada	La jefatura de gestión de calidad está personalmente involucrada	

			mejora pero no va más allá el planteamiento		personalmente en los proyectos de mejora del laboratorio	personalmente en todos los proyectos de mejora del laboratorio	
				x			
52	¿En qué medida el laboratorio tiene una cultura de comunicación abierta y promueve el flujo de información entre los clientes, el laboratorio y las jefaturas?	Siempre se tienen problemas de comunicación entre clientes, colaboradores y jefaturas del laboratorio	Con frecuencia se tienen problemas de comunicación entre clientes, colaboradores y jefaturas del laboratorio	Algunas veces se tienen problemas de comunicación entre clientes, colaboradores y jefaturas del laboratorio	Se tiene una cultura de comunicación abierta que facilita el flujo de información entre clientes, colaboradores y jefaturas del laboratorio	Se tiene una cultura de comunicación abierta con un muy buen flujo de información entre clientes, colaboradores y jefaturas del laboratorio	
					x		
53	¿En qué medida se da trazabilidad al origen de los problemas (quejas por ejemplo) para identificar su causa raíz?	No se realiza trazabilidad al origen de los problemas de este tipo	Rara vez se realiza trazabilidad al origen de los problemas de este tipo	Se realiza trazabilidad al origen de los problemas de este tipo solo si son repetitivos	Se da trazabilidad al origen/causa raíz de la mayoría de los problemas de este tipo	Rigurosamente se examinan los problemas para identificar el origen/causa raíz	
					x		
54	¿En qué medida los colaboradores continuamente buscan reducir los desperdicios en los procesos (de tiempo y consumibles)?	La reducción del desperdicio no es una actividad fundamental del laboratorio	La reducción del desperdicio es responsabilidad solo de personal especializado	Los colaboradores buscan reducir los desperdicios en algunos procesos	Los colaboradores buscan reducir los desperdicios en la mayoría de los procesos	Los colaboradores buscan reducir todos los tipos de desperdicios en todos los procesos	
					x		
55	¿En qué medida se prefieren los programas de mejora que inician y son promovidos dentro del laboratorio y no provenientes de toda la organización (universidad/centro de investigación)?	No se tiene una estrategia clara sobre cómo manejar este balance	Se trata de cumplir con ambos pero las iniciativas no están alineadas y no son muy exitosas	Se trata de lograr un balance entre los programas de mejora institucionales y los programas de mejora del laboratorio	Se tiene un balance entre los programas de mejora institucionales y los programas de mejora del laboratorio	Encontramos un balance óptimo entre los programas de mejora institucionales y las iniciativas de mejora del laboratorio	
					x		
Involucramiento del personal y mejora continua							
56	¿En qué medida ha implementado herramientas y métodos para desplegar un proceso de mejora continua en el laboratorio?	No se tiene un programa de mejora continua en el laboratorio	Los procesos de mejora continua no están amparados por el uso de herramientas para este fin	Se tienen algunas herramientas y métodos para dar soporte a la mejora continua	Se tienen múltiples herramientas y métodos para dar soporte a la mejora continua	Se tiene implementado un set comprensivo de herramientas y capacitaciones para dar soporte a la mejora continua	
					x		
57	¿En qué medida se involucra a los analistas en la redacción de procedimientos de operación estándar?	Los analistas no se involucran en el desarrollo de procedimientos de operación estándar	Los analistas rara vez son consultados para el desarrollo de procedimientos de operación estándar	Algunas veces los analistas son consultados para el desarrollo de procedimientos de operación estándar	Los analistas son consultados con regularidad durante el desarrollo de procedimientos de operación estándar	Los analistas están activamente involucrados en el desarrollo de procedimientos de operación estándar	

					x		
58	¿En qué medida los colaboradores del laboratorio impulsan activamente programas de sugerencias (no vinculados a un sistema de sugerencias establecido)?	Los colaboradores del laboratorio no impulsan activamente programas de sugerencias	El involucramiento de los colaboradores del laboratorio en programas de sugerencias es muy limitado	Los colaboradores se involucran algunas veces en los programas de sugerencias	Los colaboradores del laboratorio están activamente involucrados en los programas de sugerencias	Los colaboradores del laboratorio están extensivamente involucrados en los programas de sugerencias	
					x		
59	¿En qué medida los analistas tienen autoridad para corregir problemas (por ejemplo de equipos o métodos de análisis) cuando estos ocurren sin consultar a un supervisor?	La resolución de problemas no está en manos de los analistas	Muy pocos analistas tienen la autoridad de corregir problemas	Algunos analistas tienen la autoridad de corregir problemas	La mayoría de los analistas tienen la autoridad de corregir problemas	Los analistas tienen la autoridad de activamente corregir problemas	
				x			
60	¿En qué medida los supervisores/jefaturas se enfocan en asistir a los analistas para que ejecuten su propia resolución de problemas?	Los analistas no recibe asistencia/apoyo relacionado a la resolución de problemas	Los analistas reciben poca asistencia/apoyo relacionado a la resolución de problemas	Los analistas reciben alguna asistencia/apoyo relacionado a la resolución de problemas	Los analistas reciben asistencia/apoyo significativo relacionado a la resolución de problemas	Los analistas reciben extensivamente asistencia/apoyo relacionado a la resolución de problemas	
					x		
61	¿En qué medida el laboratorio forma equipos de proyectos multifuncionales para resolver problemas en el laboratorio?	En el laboratorio no se utilizan equipos multifuncionales	El laboratorio rara vez utiliza equipos multifuncionales	El laboratorio algunas veces utiliza equipos multifuncionales	El laboratorio utiliza equipos multifuncionales con regularidad	El laboratorio utiliza equipos multifuncionales continuamente	
					x		
62	¿En qué medida su laboratorio sigue un enfoque basado en la visión hacia la mejora continua integrando las limitaciones en la visión en lugar de un enfoque incremental?	Dependemos exclusivamente de pasos en incremento para lograr la mejora continúa	Dependemos en la mayoría de pasos en incremento para lograr la mejora continúa	Seguimos un enfoque basado en la visión con objetivos cuantitativos exclusivamente	Seguimos un enfoque basado en la visión con objetivos cuantitativos integrando las limitaciones dentro de la visión	Seguimos un enfoque basado en la visión con objetivos cuantitativos/medibles e integrando las limitaciones dentro de la visión	
					x		
63	¿Cuenta el laboratorio con algún programa de certificación para el mejor desempeño del laboratorio?	No se tiene ni se está planeando en la actualidad tener un programa de certificación para el laboratorio	No se tiene un programa de certificación para el laboratorio pero se planea contar con uno pronto	Actualmente se está trabajando en el inicio de un programa de certificación para el laboratorio	Se tiene un programa de certificación del laboratorio pero no se revisa con regularidad	Se tiene un programa de certificación del laboratorio que está continuamente en revisión	
						x	
Integración y calificación funcional							

64	¿En qué medida se pone énfasis en una capacitación cruzada de los analistas de tal forma que puedan ocupar otros puestos o realizar otros análisis cuando sean necesarios?	No se cuenta con un programa de capacitación cruzada para los analistas del laboratorio	Se cuentan con unas pocas actividades de capacitación cruzada para los analistas del laboratorio	Se cuenta con algunos analistas capacitados para realizar otros ensayos pero menos del nivel requerido	Se cuenta con un alto número de analistas capacitados a nivel cruzado pero menos del nivel requerido	Se cuenta con un balance óptimo para los analistas capacitados en otras funciones en el nivel requerido	
						x	
65	¿En qué medida la información y evaluación de habilidades de las reuniones formales de seguimiento y realimentación se utiliza para plantear futuras capacitaciones?	La información no se utiliza	La información se utiliza pero no es un programa integral. El personal recibe capacitaciones estándar	Parte de la información es utilizada en futuras capacitaciones	La mayoría de la información se utiliza en futuras capacitaciones	La información se utiliza sistemáticamente para futuras capacitaciones	
					x		
66	¿En qué medida el laboratorio invierte en la capacitación y provisión de actividades para la obtención de conocimiento y experiencia (habilidades) para el personal del laboratorio?	No se invierte en capacitación del personal	Se invierte muy poco en la capacitación pero no se ofrecen oportunidades de aumento de habilidades/conocimiento del personal	Se ofrecen algunas capacitaciones pero una o dos oportunidades para el aumento de habilidades/experiencia en el personal	Se tiene un programa dedicado al desarrollo de habilidades/destrezas del personal	Continuamente se busca mejorar el programa de capacitación y entrenamiento del personal del laboratorio	
				x			
67	¿En qué medida los analistas capacitados rotan para realizar diferentes tareas?	Los analistas capacitados no rotan	Los analistas capacitados rotan rara vez	Los analistas capacitados rotan algunas veces	Los analistas capacitados rotan con regularidad	Los analistas capacitados rotan con muy alta frecuencia	
				x			

Fuente: Tomado de Köhler et al., (2019) con modificaciones.

Anexo 2

Agenda y guía de entrevista para el *focus group* aplicado a analistas del laboratorio

METODOLOGÍA

OBJETIVO DEL ESTUDIO

Objetivo General

Determinar la opinión de los analistas sobre las causas de atrasos y la alta variabilidad en los tiempos de entrega de los informes a clientes externos.

Objetivos Específicos

- Recolectar las primeras impresiones y asociaciones de los analistas ante el problema presentado.
- Conocer las opiniones de los analistas con respecto a las causas de atrasos y variabilidad en los tiempos de entrega.
- Conocer las opiniones de los analistas sobre acciones de mejora para solventar el problema presentado.

CARACTERÍSTICAS DE GRUPO FOCAL

CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS

Género: 1 hombre y 2 mujeres.

Educación: universidad completa.

TÉCNICA UTILIZADA

Para el presente estudio, se llevó a cabo un *Focus Group* cualitativo, con 1 sesión grupal de 3 personas. El reclutamiento de los participantes se llevó a cabo por parte de gerencia y subgerencia técnica del laboratorio. Se realizó una introducción al tema y se llevó a cabo un análisis visual del problema y seguidamente se estimuló la conversación mediante tres preguntas generadoras detalladas en la agenda de trabajo. Las sesiones realizadas fueron grabadas tanto en audio MP4 como en video, con el debido consentimiento de los participantes.

AGENDA DE TRABAJO

1. Bienvenida a la actividad e introducción a los conceptos de excelencia operacional (OPEX, *Lean*, *Six Sigma*, SMED).
2. Planteamiento de los objetivos de la dinámica.
3. Explicación del problema: “Alto porcentaje de incumplimiento en el tiempo de entrega de informes y elevada variabilidad en este indicador”.
4. Entrevista a los participantes utilizando las siguientes preguntas:
 - ¿Cómo afecta la variabilidad en el tiempo de entrega de informes a nuestros clientes?
 - ¿Cuáles creen ustedes que son las causas para los atrasos en los tiempos de entregas de informes?
 - ¿Por qué será tan variable el tiempo de entrega de informes?
 - ¿Identifican algún desperdicio en el proceso que esté afectando este indicador?
 - ¿Cuáles serían las medias que ustedes recomiendan para reducir los incumplimientos en los tiempos de entrega de informes?
10. Agradecimiento y despedida

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, S., Hawarna, S., Alqasmi, I., Mohiuddin, M., Rahman, M. K., & Ashrafi, D. M. (2024). Role of Lean Six Sigma approach for enhancing the patient safety and quality improvement in the hospitals. *International Journal of Healthcare Management*, 17(1), 52-62. <https://doi.org/10.1080/20479700.2022.2149082>
- Antony, J., Swarnakar, V., Gupta, N., Kaur, J., Jayaraman, R., Tortorella, G. L., & Cudney, E. (2023). Critical success factors for operational excellence initiatives in manufacturing: A meta-analysis. *Total Quality Management & Business Excellence*, 34(9-10), 1152-1172. <https://doi.org/10.1080/14783363.2022.2157714>
- Aryal, N., Ghaffari, F., Bertin, E., & Crespi, N. (2024). *A blockchain-based approach for service level agreement management in cellular network*.
- Bozutti, D. F., & Esposto, K. F. (2019). Sales and Operations Planning: A comparison between the demand-driven and traditional approaches. *International Journal of Production Management and Engineering*, 7(1), 23. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2019.9469>
- Bumblauskas, D., Guay, R. P., & Forbes, S. (2024). Societal impact: Leveraging operational excellence in the Iowa prison industries. *Business Process Management Journal*. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-06-2023-0468>
- Calabrese, A. (2012). Service productivity and service quality: A necessary trade-off? *International Journal of Production Economics*, 135(2), 800-812. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.10.014>
- Cesarotti, V., & Spada, C. (2009). A systemic approach to achieve operational excellence in hotel services. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 1(1), 51-66. <https://doi.org/10.1108/17566690910945868>
- Challis, D., Samson *, D., & Lawson, B. (2005). Impact of technological, organizational and human resource investments on employee and manufacturing performance: Australian and New Zealand evidence. *International Journal of Production Research*, 43(1), 81-107. <https://doi.org/10.1080/00207540412331281935>
- Chen, Z., & Hua Tan, K. (2013). The impact of organization ownership structure on JIT implementation and production operations performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(9), 1202-1229.

<https://doi.org/10.1108/IJOPM-06-2011-0207>

- CITA. (2024a). Propósito, aspiración y plan estratégico. Propósito, aspiración y plan estratégico
- CITA. (2024b). Sobre nosotros. <https://cita.ucr.ac.cr/sobre-nosotros>
- CITA. (2024c). Análisis químico. <https://cita.ucr.ac.cr/analisis-quimico>
- Cua, K. O., McKone, K. E., & Schroeder, R. G. (2001). Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. *Journal of Operations Management*, 19(6), 675-694. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(01\)00066-3](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(01)00066-3)
- De Mast, J., Kemper, B. P. H., Wiltjer, A., & Does, R. J. M. M. (2013). Quality Quandaries: Deploying Operational Excellence at a Financial Service Provider. *Quality Engineering*, 25(3), 298-306. <https://doi.org/10.1080/08982112.2013.783599>
- Detwal, P. K., Agrawal, R., Samadhiya, A., Kumar, A., & Garza-Reyes, J. A. (2024). Revolutionizing healthcare organizations with Operational Excellence and Healthcare 4.0: A systematic review of the state-of-the-art literature. *International Journal of Lean Six Sigma*, 15(1), 80-102. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2023-0061>
- Djellal, F., & Gallouj, F. (2013). The productivity challenge in services: Measurement and strategic perspectives. *The Service Industries Journal*, 33(3-4), 282-299. <https://doi.org/10.1080/02642069.2013.747519>
- Durdyev, S., Ihtiyar, A., Ismail, S., Ahmad, F. Sh., & Bakar, N. A. (2014). Productivity and Service Quality: Factors Affecting in Service Industry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 109, 487-491. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.494>
- Eren, B. A. (2024). QR code m-payment from a customer experience perspective. *Journal of Financial Services Marketing*, 29(1), 106-121. <https://doi.org/10.1057/s41264-022-00186-5>
- Friedli, T., Basu, P., Bellm, D., & Werani, J. (Eds.). (2013). *Leading Pharmaceutical Operational Excellence: Outstanding Practices and Cases*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35161-7>
- Furlan, A., Vinelli, A., & Dal Pont, G. (2011). Complementarity and lean manufacturing bundles: An empirical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 31(8), 835-850. <https://doi.org/10.1108/01443571111153067>

- Gebauer, H., Kickuth, M., & Friedli, T. (2009). Lean management practices in the pharmaceutical industry. *International Journal of Services and Operations Management*, 5(4), 463. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2009.024580>
- Gonçalves Dos Reis, J. C., Mendonça Freires, F. G., & Vieira Junior, M. (Eds.). (2023). *Industrial Engineering and Operations Management: XXIX IJCIEOM, Lisbon, Portugal, June 28–30, 2023* (Vol. 431). Springer Nature Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-47058-5>
- Gupta, S., Sharma, M., & Sunder M., V. (2016). Lean services: A systematic review. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 65(8), 1025-1056. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-02-2015-0032>
- Inavolu, S. M. (2024). Exploring AI-Driven Customer Service: Evolution, Architectures, Opportunities, Challenges and Future Directions. *International Journal For Multidisciplinary Research*, 6(3), 22283. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i03.22283>
- Issar, G., & Navon, L. R. (2016). *Operational Excellence: A Concise Guide to Basic Concepts and Their Application*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20699-8>
- Khakpour, R., Ebrahimi, A., & Seyed-Hosseini, S.-M. (2024). SMED 4.0: A development of single minute exchange of die in the era of Industry 4.0 technologies to improve sustainability. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 35(3), 568-589. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2023-0333>
- Kobi, J. (2024). Developing Dashboard Analytics and Visualization Tools for Effective Performance Management and Continuous Process Improvement. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, 1697-1709. <https://doi.org/10.38124/ijisrt/IJISRT24MAY1147>
- Köhler, S., Friedli, T., & Basu, P. (2019). Operational Excellence in Pharmaceutical Quality Control Labs: Driver of an Effective Quality System. *Journal of Pharmaceutical Innovation*, 15(1), 138-154. <https://doi.org/10.1007/s12247-019-09376-6>
- Krueger, R. A. (1994). *Focus groups: A practical guide for applied research* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Krueger, R. A., & Casey M. A. (2000). *Focus groups: A practical guide for applied*

- researchers (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Lutchman, C., Lutchman, K., Ramakrishna, A., Lyons, C., & Al Hashmi, W. S. G. (2020). *Operations excellence management system (OEMS): Getting it right the first time*. CRC Press.
- Luz Tortorella, G., Cauchick-Miguel, P. A., Li, W., Staines, J., & McFarlane, D. (2022). What does operational excellence mean in the Fourth Industrial Revolution era? *International Journal of Production Research*, 60(9), 2901-2917. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1905903>
- Martin, J. W. (2021). *Operational excellence: Breakthrough strategies for improving customer experience and productivity* (Second edition). Routledge.
- Mbous, Y. P. V., Mohamed, R., & Rudisill, T. M. (2024). International students challenges during the COVID-19 pandemic in a university in the United States: A focus group study. *Current Psychology*, 43(9), 8325-8337. <https://doi.org/10.1007/s12144-022-02776-x>
- Miguel, A., Moreira, R., & Oliveira, A. (2021). ISO/IEC 17025: HISTORY AND INTRODUCTION OF CONCEPTS. *Química Nova*. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170726>
- Miller, A. (2014). *Redefining Operational Excellence: New Strategies for Maximizing Performance and Profits Across the Organization*. AMACOM. <https://books.google.co.cr/books?id=JVDBngEACAAJ>
- Morgan D. L. (1988). Focus groups as qualitative research. Newbury Park, CA: Sage.
- Naik, S., Sony, M., Antony, J., McDermott, O., Tortorella, G. L., & Jayaraman, R. (2024). Operational excellence framework for sustainability in the organisation: A design science approach. *Production Planning & Control*, 35(11), 1215-1231. <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2165188>
- Nascimento, A. L. do, & Francischini, P. G. (2003). Caracterização do Sistema de Operações de Serviço Enxuto. *Científica da Escola Politécnica da USP, PIC-EPUSP*.
- Oloruntosin Tolulope Joel & Vincent Ugochukwu Oguanobi. (2024). Navigating business transformation and strategic decision-making in multinational energy corporations with geodata. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*, 6(5), 801-818. <https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i5.1103>

- Onwuegbuzie, A. J., Dickinson, W. B., Leech, N. L., & Zoran, A. G. (2009). A Qualitative Framework for Collecting and Analyzing Data in Focus Group Research. *International Journal of Qualitative Methods*, 8(3), 1-21.
- Pacheco Segura, R. (2013). Listas de espera en los servicios públicos desde una perspectiva de la logística de manufactura. *Ingeniería. Revista de la Universidad de Costa Rica.*, 23(2), 107-119.
- Palomäki, H. (s. f.). *LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT School of Engineering Science*.
- Pettersen, J. (2009). Defining lean production: Some conceptual and practical issues. *The TQM Journal*, 21(2), 127-142. <https://doi.org/10.1108/17542730910938137>
- Rabiee, F. (2004). Focus-group interview and data analysis. *Proceedings of the Nutrition Society*, 63(4), 655-660. <https://doi.org/10.1079/PNS2004399>
- Razavi Hajiagha, S. H., Amoozad Mahdiraji, H., Moradi, S., Garza-Reyes, J. A., & Alaei, S. (2024). Unveiling the relation between the challenges and benefits of operational excellence and industry 4.0: A hybrid fuzzy decision-making approach. *The TQM Journal*, 36(1), 51-70. <https://doi.org/10.1108/TQM-07-2022-0237>
- Ribeiro, V. B., Nakano, D., & Muniz Jr., J. (2024). The human resources and knowledge management integrated role in Industry 4.0/5.0: A Human-Centric Operations Management framework. *Production*, 34, e20240014. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20240014>
- Rutkauskas, J. (2005). Concept of Productivity in Service Sector. *Engineering Economics*, 3(43).
- Sampieri, R. H. (2010). *Metodologia de la Investigacion*. Mc Graw Hill.
- Serna Gómez, H. (2010). *Gerencia estratégica* (Segunda). Panamericada Editorial Ltda -3R Editores.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129-149. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00108-0](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00108-0)
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785-805. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>

- Sheahadeh, R. M., Maqableh, M., & Al-Zoubi, M. O. (2016). Review the Operational Excellence Factors of Service Firms: A Literature Review. *European Journal of Business and Management*.
- Sierra-Parada, M., Madriz-Rodríguez, D. A., Castillo-Matheus, M. E., Coronel-Villalobos, P. A., & Chacín-Betancourt, J. C. (2022). Estrategias para la mejora de la productividad, la calidad y competitividad en las empresas del sector confección en el Estado Táchira, Venezuela. *AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 10(3), 77-86. <https://doi.org/10.15649/2346030X.3112>
- Souza, M. A., González, M. O. A., & Pinho, A. L. S. D. (2024). Maturity Model for Sustainability Assessment of Chemical Analyses Laboratories in Public Higher Education Institutions. *Sustainability*, 16(5), 2137. <https://doi.org/10.3390/su16052137>
- Tapasco-Alzate, O. A., Giraldo-García, J. A., & Osorio-García, D. (2020). Work productivity management in knowledge-intensive service companies: Considerations and challenges. *Cuadernos de Administración*, 36(66), 64-77. <https://doi.org/10.25100/cdea.v36i66.8465>
- Ubaid, A. M., Dweiri, F. T., & Ojiako, U. (2020). Organizational excellence methodologies (OEMs): A systematic literature review. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 11(6), 1395-1432. <https://doi.org/10.1007/s13198-020-01017-3>
- Universitas Islam Indonesia, & Cahyo, W. N. (2019). A PROPOSED FRAMEWORK TO APPLY OPERATIONAL EXCELLENCE (OPEX) AS A BUSINESS STRATEGY. *Journal of Engineering and Management in Industrial System*, 7(1), 15-24. <https://doi.org/10.21776/ub.jemis.2019.007.01.3>
- Voehl, F., & Elshennawy, A. (2009). Lean Service. En G. Salvendy & W. Karwowski (Eds.), *Introduction to Service Engineering* (1.^a ed., pp. 379-402). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470569627.ch18>
- White, R. E., Pearson, J. N., & Wilson, J. R. (1999). JIT manufacturing: A survey of implementations in small and large U.S. manuf... *Management Science*, 45(1).
- Zumbado Fernández, H. (2000). *Análisis químico de los alimentos: Métodos clásicos*. Editorial Universitaria.

