

Mejoramiento de los procesos productivos del Laboratorio de Preparación de Muestras  
Geológicas de la Universidad Industrial de Santander

Cristian Estrada Rodríguez

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial

Director

Carlos Eduardo Díaz Bohórquez

Magister en Ingeniería Industrial

Tutor

Carlos Alberto Ríos Reyes

PhD. En Geología

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Ingeniería Industrial

Bucaramanga

2023

### **Dedicatoria**

A mi madre, Nubia Rodríguez, por ser el motor de mi vida, mi apoyo incondicional, mi guía en los momentos de duda, mi ejemplo a seguir, mi inspiración y una excelente y sabia consejera.

### **Agradecimientos**

A Dios, por guiar mi camino.

A mis hermanos, Yully y Neyder, por todo el amor y el apoyo que me brindaron durante este proceso, por creer en mí e impulsarme a ser mejor persona cada día.

A mi padre, Luis Estrada, por siempre querer lo mejor para mí.

A toda mi familia, por todo el apoyo y la ayuda que me brindaron durante este proceso de aprendizaje, por escucharme, aconsejarme y estar pendientes de mí, por siempre estar conmigo y mostrarme el lado bueno de las cosas, por ser los pilares en mi desarrollo personal.

A mis amigos, por los momentos compartidos, las herramientas brindadas y el aprendizaje que obtuve de cada uno de ellos.

A Margareth Pacheco y Sergio Borja, por acompañarme durante todo este proceso, ayudarme en todo momento, enseñarme cada tema que no entendía y estar presentes en cada paso que daba.

A Luis Fernando Anaya, por su disposición y paciencia, por la orientación brindada y la amabilidad para explicarme cada detalle acerca de la geología, por los consejos y las ideas, las cuales fueron útiles para el desarrollo del proyecto.

A los docentes, por el acompañamiento y el conocimiento compartido en cada una de las clases.

**Tabla de contenido**

|  |    |
|--|----|
| Resumen .....  | 14 |
| Abstract .....   | 15 |
| Introducción.....  | 16 |
| 1. Generalidades .....   | 18 |
| 1.1. Planteamiento del Problema .....  | 18 |
| 1.2. Objetivos .....   | 20 |
| 1.2.1. Objetivo General.....   | 20 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos.....  | 20 |
| 1.3. Metodología.....  | 21 |
| 1.3.1. Introducción al Laboratorio.....                                      | 21 |
| 1.3.2. Diagnóstico Inicial.....  | 21 |
| 1.3.3. Formulación e Implementación de Mejoras .....                         | 22 |
| 1.3.4. Diseño de indicadores para control y seguimiento de las mejoras ..... | 22 |
| 1.3.5. Programa de capacitación del personal.....                            | 23 |
| 2. Marco de Referencia .....   | 23 |
| 2.1. Marco de Antecedentes .....   | 23 |
| 2.2. Marco Teórico .....   | 25 |
| 2.2.1. Mejoramiento de los Procesos.....                                     | 25 |
| 2.2.2. Mejora Continua .....   | 26 |
| 2.2.3. Ciclo Deming.....   | 27 |
| 2.2.4. Despilfarros .....  | 27 |
| 2.2.5. Estudio de Tiempos .....  | 28 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 2.2.6. | Estandarización de los Procesos .....                              | 29 |
| 2.2.7. | Diagrama de Flujo del Proceso.....                                 | 30 |
| 2.2.8. | Capacidad .....  | 31 |
| 2.2.9. | Indicadores de Gestión.....  | 32 |
| 3.     | Diagnóstico Inicial.....   | 34 |
| 3.1.   | Revisión Conceptual.....   | 36 |
| 3.2.   | Análisis Preliminar .....  | 36 |
| 3.2.1. | Áreas y Equipos:.....  | 37 |
| 3.2.2. | Materiales de Protección Personal:.....                            | 38 |
| 3.2.3. | Materias Primas: .....   | 38 |
| 3.3.   | Revisión Documental del Laboratorio .....                          | 39 |
| 3.4.   | Observación Directa.....   | 42 |
| 3.5.   | Encuesta Estructurada.....   | 44 |
| 3.6.   | Análisis de Despilfarros .....                                     | 48 |
| 3.6.1. | Análisis de resultados .....                                       | 49 |
| 3.7.   | Conclusiones del Diagnóstico .....                                 | 51 |
| 4.     | Formulación del plan de mejoramiento .....                         | 54 |
| 4.1.   | Estandarización de los procesos productivos .....                  | 54 |
| 4.1.1. | Objetivos de la propuesta .....                                    | 54 |
| 4.1.2. | Problemática .....   | 55 |
| 4.1.3. | Plan de implementación de la estandarización de los procesos ..... | 55 |
| 4.2.   | Definición de la capacidad productiva.....                         | 56 |
| 4.2.1. | Objetivos de la propuesta .....                                    | 56 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.2.2. | Problemática .....  | 57 |
| 4.2.3. | Plan de implementación de la definición de la capacidad.....                      | 57 |
| 4.3.   | Definición de costos.....   | 58 |
| 4.3.1. | Objetivos .....   | 58 |
| 4.3.2. | Problemática .....  | 58 |
| 4.3.3. | Plan de implementación de la definición de costos .....                           | 58 |
| 4.4.   | Actualización de precios de venta .....   | 59 |
| 4.4.1. | Objetivos .....   | 59 |
| 4.4.2. | Problemática .....  | 60 |
| 4.4.3. | Plan de implementación de la actualización de los precios de venta .....          | 60 |
| 5.     | Implementación del plan de mejoramiento .....                                     | 61 |
| 5.1.   | Estandarización de los procesos productivos .....                                 | 61 |
| 5.1.1. | Estandarización del proceso de elaboración de sección delgada con cubreobjetos .. | 64 |
| 5.1.2. | Estandarización del proceso de tinción de carbonatos.....                         | 66 |
| 5.1.3. | Estandarización del proceso de tinción de feldespatos .....                       | 67 |
| 5.1.4. | Estandarización del proceso de tinción de porosidad .....                         | 67 |
| 5.2.   | Definición de la capacidad del Laboratorio .....                                  | 68 |
| 5.2.1. | Capacidad del proceso de elaboración de sección delgada con cubreobjetos .....    | 72 |
| 5.2.2. | Capacidad del proceso de tinción de carbonatos .....                              | 74 |
| 5.2.3. | Capacidad del proceso de tinción de feldespatos .....                             | 76 |
| 5.2.4. | Capacidad del proceso de tinción de porosidad .....                               | 77 |
| 5.3.   | Definición de costos del Laboratorio .....  | 80 |
| 5.3.1. | Costos de mano de obra (MOD).....   | 80 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 5.3.2. | Costo de materiales directos.....                      | 84  |
| 5.3.3. | Costos Indirectos de Fabricación.....                  | 91  |
| 5.3.4. | Costos de cada proceso .....                           | 102 |
| 5.3.5. | Análisis de los costos .....                           | 105 |
| 5.4.   | Actualización de los precios de venta.....             | 108 |
| 6.     | Sistema de indicadores de gestión .....                | 116 |
| 6.1.   | Indicador de nivel de reprocesos en la producción..... | 118 |
| 6.2.   | Nivel de cumplimiento en las entregas .....            | 120 |
| 6.3.   | Indicador costo por tiempo no productivo .....         | 121 |
| 6.4.   | Indicador aprovechamiento de la capacidad .....        | 122 |
| 6.5.   | Indicador nivel de satisfacción de los usuarios .....  | 123 |
| 7.     | Programa de capacitación.....                          | 124 |
| 8.     | Conclusiones.....                                      | 125 |
| 9.     | Recomendaciones .....                                  | 127 |
|        | Referencias Bibliográficas.....                        | 129 |

### Lista de Tablas

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Tabla 1. Metodología para la realización del diagnóstico inicial del laboratorio ..... | 34          |
| Tabla 2. Relación servicio y número de muestras solicitadas .....                      | 46          |
| Tabla 3. Abreviaciones usadas en la tabla 2 .....                                      | 47          |
| Tabla 4. Resultados análisis de despilfarros .....                                     | 49          |
| Tabla 5. Cronograma de actividades propuesta #1 .....                                  | 56          |
| Tabla 6. Cronograma de actividades de la propuesta #2 .....                            | 57          |
| Tabla 7. Cronograma de actividades propuesta #3 .....                                  | 59          |
| Tabla 8. Cronograma de actividades propuesta #4 .....                                  | 61          |
| Tabla 9. Premuestra SD con cubreobjeto .....   | 72          |
| Tabla 10. Resumen de capacidades proceso 1 .....                                       | 74          |
| Tabla 11. Datos de la premuestra proceso 2 .....                                       | 74          |
| Tabla 12. Capacidades proceso 2 .....  | 75          |
| Tabla 13. Datos de la premuestra proceso 3 .....                                       | 76          |
| Tabla 14. Capacidades proceso 3 .....  | 77          |
| Tabla 15. Datos de la premuestra proceso 3 .....                                       | 77          |
| Tabla 16. Capacidades proceso 3 .....  | 78          |
| Tabla 17. Cálculos costo mano de obra directa .....                                    | 81          |
| Tabla 18. Costo por proceso .....  | 83          |
| Tabla 19. Materiales necesarios para los procesos .....                                | 85          |
| Tabla 20. Costos de materiales SD cubreobjeto .....                                    | 88          |
| Tabla 21. Costo de materiales Tinción carbonato .....                                  | 88          |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 22. Costo de materiales tinción feldespatos.....              | 89  |
| Tabla 23. Costos de materiales tinción porosidad .....              | 90  |
| Tabla 24. Depreciación de activos del Laboratorio .....             | 92  |
| Tabla 25. Costo depreciación activos.....                           | 94  |
| Tabla 26. Costos de materiales indirectos .....                     | 95  |
| Tabla 27. Costos de materiales indirectos tinción de porosidad..... | 95  |
| Tabla 28. Cálculos costo mano de obra indirecta .....               | 97  |
| Tabla 29. Costos de mano de obra indirecta.....                     | 99  |
| Tabla 30. Costo de energía eléctrica .....                          | 100 |
| Tabla 31. Costo de acueducto, alcantarillado y aseo .....           | 101 |
| Tabla 32. Costo unitario del proceso de SD cubreobjeto .....        | 102 |
| Tabla 33. Costo unitario del proceso tinción carbonatos .....       | 102 |
| Tabla 34. Costo unitario del proceso tinción feldespatos.....       | 103 |
| Tabla 35. Costo unitario del proceso de tinción porosidad .....     | 104 |
| Tabla 36. Demanda mensual del Laboratorio.....                      | 105 |
| Tabla 37. Valor adicional MOD según demanda .....                   | 106 |
| Tabla 38. Valor adicional MOI y depreciación .....                  | 106 |
| Tabla 39. Precios de venta servicios .....                          | 110 |
| Tabla 40. Continuación tabla 39 .....                               | 111 |
| Tabla 41. Propuesta de precios de venta .....                       | 112 |
| Tabla 42. Propuesta de precios de venta 2 .....                     | 114 |
| Tabla 43. Propuesta de precios de venta 3 .....                     | 115 |
| Tabla 44. Indicador de nivel de reprocesos .....                    | 119 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 45. Indicador nivel de cumplimiento entregas .....    | 120 |
| Tabla 46. Indicador de costo por tiempo no productivo ..... | 121 |
| Tabla 47. Indicador de aprovechamiento de la capacidad..... | 122 |
| Tabla 48. Indicador de nivel de satisfacción usuarios.....  | 123 |

**Lista de Figuras**

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Figura 1. Metodología del proyecto .....                               | 21          |
| Figura 2. Relación usuario y laboratorio .....                         | 44          |
| Figura 3. Gráfica gradual de identificación de despilfarros 5MQS ..... | 48          |
| Figura 4. Diagrama causa-efecto: problemática 1 .....                  | 51          |
| Figura 5. Diagrama causa-efecto: problemática 2. ....                  | 52          |
| Figura 6. Procesos del laboratorio .....                               | 63          |
| Figura 7. Número recomendado de ciclos .....                           | 69          |
| Figura 8. Guía para calificación de ritmo de trabajo.....              | 70          |
| Figura 9. Asignación de suplementos .....                              | 71          |
| Figura 10. Formula de la definición del costo .....                    | 108         |

### **Lista de apéndices**

Los apéndices están adjuntos y pueden ser visualizados en la base de datos de la biblioteca UIS.

Apéndice 1. Bitácora propuesta al Laboratorio.

Apéndice 2. Encuesta Estructurada.

Apéndice 3. Respuestas Encuesta Estructurada.

Apéndice 4. Lista de chequeo despilfarro.

Apéndice 5. Manual de procedimientos SD cubreobjeto.

Apéndice 6. Manual de procedimientos Tinción carbonatos.

Apéndice 7. Manual de procedimientos Tinción feldespatos.

Apéndice 8. Manual de procedimientos Tinción porosidad.

Apéndice 9. Estudio de tiempos SD cubreobjeto.

Apéndice 10. Estudio de tiempos Tinción carbonatos.

Apéndice 11. Estudio de tiempos Tinción feldespatos.

Apéndice 12. Estudio de tiempos tinción porosidad.

Apéndice 13. Proyección Presupuesto Planta Temporal 2023.

Apéndice 14. Definición de costos.

Apéndice 15. Cotización Empresa Merck.

Apéndice 16. Cotización Empresa Artilab.

Apéndice 17. Cotización Empresa Quimitrónica.

Apéndice 18. Cotización Empresa Advance Instruments.

Apéndice 19. Cotización Empresa Sintepox.

Apéndice 20. Cotización Empresa Hugh Corporation.

Apéndice 21. Cotización Empresa Arotec.

Apéndice 22. Cotización Empresa Nuevos Recursos.

Apéndice 23. Inventario Laboratorio.

Apéndice 24. Cotización Empresa Offiarte.

Apéndice 25. Cotización Empresa Oriental.

Apéndice 26. Precios Homecenter.

Apéndice 27. Costo Energía Eléctrica.

Apéndice 28. Costo de Acueducto.

Apéndice 29. Precios Servicio Empresa Minerlab.

Apéndice 30. Precios Servicios Empresa Rock and rocks.

Apéndice 31. Precios Servicios Empresa ABC a head.

Apéndice 32. Precios Servicios Empresa Applied Petrographic Services.

Apéndice 33. Precios Servicios Empresa National petrographic servicios.

Apéndice 34. Precios Servicios Empresa Wagner Petrographic.

Apéndice 35. Precios Servicios Empresa Grindstone Laboratory.

Apéndice 36. Precios Servicios Empresa Precision Petrographics.

Apéndice 37. Definición de precios.

Apéndice 38. Sistema de Indicadores de gestión.

Apéndice 39. Programa de capacitación.

## Resumen

**Título:** Mejoramiento de los procesos productivos del Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas de la Universidad Industrial de Santander\*

**Autor:** Cristian Estrada Rodríguez\*\*

**Palabras Clave:** Mejoramiento, procesos, muestras, laboratorio, estandarización, capacidad, costos, precios.

### Descripción:

La Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander cuenta con el Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas, ubicado en el Parque Tecnológico Guatiguará, el cual brinda servicios de elaboración de secciones delgadas de rocas o minerales a profesores, estudiantes o externos; la Escuela planteando su Plan de Gestión vio la necesidad de mejorar sus procesos productivos, por lo tanto, se dio inicio al presente proyecto, mediante un diagnóstico en donde se pudo identificar dos problemas principales: los reprocesos e incumplimientos en los tiempos de entrega, adicional a esto, se observó que el Laboratorio no tenía los costos definidos y los precios de venta actualizados.

Siguiente a esto, se procedió a diseñar e implementar un plan de mejoramiento basados en la filosofía de la mejora continua para disminuir estos inconvenientes, en el cual se planteó cuatro mejoras: estandarización de los procesos productivos que permitió realizar los respectivos manuales de procedimientos, también se definió la capacidad a partir de un estudio de tiempos lo que generó una política de tiempos de entrega y finalmente, se definió los costos y se propuso unos los precios de venta para ser fijados por la dirección. Como resultado de la implementación de las mejoras, se observó una solución del 55,5% del problema de reprocesos y un 60% del de incumplimiento en los tiempos de entrega, también se realizaron las respectivas recomendaciones para dar solución total a los problemas y se plantearon unos sistemas de indicadores para dar medición periódica a las mejoras, lo que permite tomar acciones correctivas según los resultados obtenidos.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Ingeniería Industrial. Director: Carlos Eduardo Díaz Bohórquez. Magister en Ingeniería Industrial. Tutor: Carlos Alberto Ríos Reyes. PhD. En Geología.

### Abstract

**Title:** Improvement of production processes of the Geological Sample Preparation Laboratory of the Universidad Industrial de Santander\*

**Author(s):** Cristian Estrada Rodríguez\*\*

**Key Words:** Improvement, processes, samples, laboratory, standardization, capacity, costs, prices.

### Description:

The School of Geology of the Universidad Industrial de Santander has the Geological Sample Preparation Laboratory, located in the Guatiguará Technology Park, which provides services for the preparation of thin sections of rocks or minerals to professors, students or external; the School, in its Management Plan, saw the need to improve its production processes, therefore, the present project was initiated through a diagnosis where two main problems were identified: Reprocesses and non-compliance in delivery times, in addition to this, it was observed that the Laboratory did not have defined costs and updated sales prices.

Following this, we proceeded to design and implement an improvement plan based on the philosophy of continuous improvement to reduce these problems, in which four improvements were proposed: standardization of production processes that allowed to make the respective procedure manuals, also the capacity was defined from a study of times which generated a policy of delivery times and finally, the costs were defined and sales prices were proposed to be set by the management. As a result of the implementation of the improvements, a 55.5% solution to the problem of reprocesses and a 60% solution to the problem of noncompliance in delivery times was observed. The respective recommendations were also made to provide a total solution to the problems and a system of indicators was proposed to periodically measure the improvements, which allows corrective actions to be taken according to the results obtained.

---

\* Degree Work

\*\*Physical and Mechanical Engineering Faculty, Industrial and Business Department, Industrial Engineering. Directed by: Carlos Eduardo Díaz Bohórquez, MSc Industrial Engineer. Tutor: Carlos Alberto Ríos Reyes, PhD. Geology.

## Introducción

Los laboratorios destinados a la preparación de muestras geológicas son los encargados de entregar una sección delgada de roca de aproximadamente 35 micras para que sea observada con luz transmitida a través de un microscopio. Las secciones delgadas son una técnica ampliamente aceptada para el estudio petrográfico y petrológico de rocas y minerales (Londoño Escobar et al., 2010, p. 53). La petrografía es un campo de la petrología que se ocupa de la descripción y clasificación según textura y composición mineralógica de las rocas mediante la observación microscópica de secciones (Servicio Geológico de México, 2017). Por lo tanto, la exactitud en los procesos de dichos laboratorios es de gran importancia pues de ahí se parte para realizar el estudio o investigación que se requiera.

El Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas adscrito a la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander cuenta con instalaciones y equipos modernos de alta calidad para llevar a cabo sus procesos productivos, sin embargo, han tenido ciertos inconvenientes relacionados al incumplimiento de los tiempos de entrega, algunos reprocesos en la producción y ciertas causas asociadas a estos problemas, que se buscan solucionar, manteniendo la calidad de las muestras entregadas para tener un buen resultado en el análisis del estudio petrográfico, pues como dice Castro (2015), la obtención de un buen resultado en la muestra es crítica para una mejor observación.

Con motivos de dar solución a dichos problemas en el Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas, se plantea el presente proyecto que propone un plan de mejoramiento en los procesos productivos haciendo uso de herramientas ingenieriles, donde se establecerán mejoras, se implementarán, se medirán y por último se creará un programa de capacitación sobre las

propuestas diseñadas. A su vez, se alentará al personal a mantener lo planteado en aras de crear una cultura de mejora continua dentro del laboratorio.

En el documento se presenta el diagnóstico inicial del laboratorio que permitió identificar oportunidades de mejora y por lo tanto realizar el planteamiento del problema; también contiene los objetivos del proyecto, el marco de referencias que abarca tanto el marco de antecedentes como el marco teórico, la metodología que se utilizará para cumplir con los objetivos propuestos, el plan de mejoramiento, su respectiva implementación y resultados, por último se concluye y se realiza las recomendaciones para que el Laboratorio continúe con la filosofía de la mejora continua.

**Tabla 1.**

*Cumplimiento de los objetivos del proyecto*

| <b>Objetivo</b>  | <b>Cumplimiento</b> |
|--|---------------------|
| Elaborar un diagnóstico del estado actual de los procesos productivos del Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas. | Capítulo 3          |
| Identificar oportunidades de mejora en los procesos productivos analizados del Laboratorio.                                  | Capítulo 3          |
| Formular un plan de mejoramiento para los procesos productivos del Laboratorio.  | Capítulo 4          |
| Implementar las propuestas de mejora que sean aprobadas por el líder encargado de las operaciones del Laboratorio.           | Capítulo 5          |
| Diseñar un sistema de indicadores que permita evaluar y controlar los procesos productivos del Laboratorio.                  | Capítulo 6          |
| Desarrollar un programa de capacitación sobre las mejoras y cambios planteados para el Laboratorio.                          | Capítulo 7          |

## 1. Generalidades

### 1.1. Planteamiento del Problema

La Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander cuenta con 6 laboratorios destinados a dar cumplimiento a las actividades de docencia, investigación y extensión. Entre ellos, se encuentra el de Preparación de Muestras Geológicas donde se brinda el servicio de corte, pulido y preparación de muestras, las cuales pueden ser: secciones delgadas con cubreobjeto, pulidas o doblemente pulidas, tinciones para porosidad, microfracturamiento, carbonatos, feldespatos, briquetas pulidas y plugs; pueden ser de materiales tales como rocas, fósiles, minerales, suelos, áridos de construcción, cerámicas, morteros, ladrillos, entre otros (Llerena, 2022).

La preparación de las muestras geológicas se hace con el fin de ser observadas en un microscopio petrográfico para identificar, describir y clasificar las rocas y los minerales; de ahí surge la importancia de realizar estos procesos de una manera idónea en donde se asegure la calidad para que la lectura de la muestra sea certera (Londoño Escobar et al., 2010).

A partir del diagnóstico realizado en el laboratorio se observan dos problemas principales: los reprocesos y el incumplimiento en los tiempos de entrega. En lo que corresponde al primero, no se cuenta con una documentación de los procesos, lo que imposibilita tener una trazabilidad de los servicios ofertados y un correcto control en los costos, lo que lleva a que los precios de venta de los servicios se encuentran desactualizados, tema que es primordial para cualquier entidad para garantizar su rentabilidad. Por otro lado, no se tiene estandarizado las cantidades de insumos que se deben usar en cada actividad, lo que ha generado que se observen varios reprocesos, donde el técnico del laboratorio tiene que verificar la muestra y volver a realizar el proceso hasta que se encuentre en la calidad deseada.

En cuanto al segundo problema, se evidencia que el *lead time* es muy extenso, lo que provoca que las entregas sean tardías. Adicionalmente, a partir de una encuesta estructurada a los clientes del laboratorio realizada por el autor en el marco del proyecto, se observan comentarios referentes a una planificación ineficiente de los tiempos de entrega; esto, debido a que no se cuenta con una capacidad productiva definida, lo que imposibilita tener una política de tiempos de entrega establecida, generando incumplimientos a los usuarios.

De tal manera, con el presente proyecto se busca generar la estandarización de los procesos productivos que realiza el Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas, con el fin de dar solución a las problemáticas planteadas, también es indispensable definir la capacidad productiva, los costos y la actualización de los precios de venta; para de esta manera, presentar las muestras geológicas con la calidad deseada y en los tiempos de entrega definidos.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. *Objetivo General***

Diseñar e implementar un plan de mejoramiento en los procesos productivos del Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander

### **1.2.2. *Objetivos Específicos***

1. Elaborar un diagnóstico del estado actual de los procesos productivos del Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas.
2. Identificar oportunidades de mejora en los procesos productivos analizados del Laboratorio.
3. Formular un plan de mejoramiento para los procesos productivos del Laboratorio.
4. Implementar las propuestas de mejora que sean aprobadas por el líder encargado de las operaciones del Laboratorio.
5. Diseñar un sistema de indicadores que permita evaluar y controlar los procesos productivos del Laboratorio.
6. Desarrollar un programa de capacitación sobre las mejoras y cambios planteados para el Laboratorio.

### 1.3. Metodología

La metodología para el desarrollo del proyecto consta de 5 etapas las cuales permiten el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados, como se muestra en la figura 1:

#### Figura 1.

*Metodología del proyecto.*



#### 1.3.1. Introducción al Laboratorio

En esta etapa, se realizó un acercamiento al laboratorio donde se pudo conocer información general de su funcionamiento, a partir de visitas guiadas, reconocimiento de los procesos productivos por observación directa y conocer sobre los problemas considerados por el encargado y el técnico mediante entrevistas no estructuradas. A su vez, se realizó búsqueda de información en libros para entender la terminología usada en el área de la geología y en el Laboratorio.

#### 1.3.2. Diagnóstico Inicial

En esta etapa se planteó una metodología estructurada para realizar el diagnóstico en el Laboratorio, dicha información se puede observar en el capítulo 3. El objetivo de esta etapa fue

identificar los problemas, falencias u oportunidades de mejora que se pudieran presentar en los procesos productivos del laboratorio. Se realizó una observación directa, una revisión documental del Laboratorio, encuesta estructurada, análisis de despilfarros y finalmente se concluyó la identificación del problema, apoyado en el diagrama de causa y efecto.

### ***1.3.3. Formulación e Implementación de Mejoras***

Una vez identificado el problema se procedió a formular y diseñar el plan de mejoramiento que ayude a eliminar definitiva o parcialmente el problema con el fin de aumentar la productividad del Laboratorio. Para esto, se busca estandarizar los procesos productivos más representativos, definir una capacidad productiva, los costos y, por último, actualizar los precios de venta de los servicios que se ofertan. Para la implementación de las propuestas, se tendrá en cuenta la aprobación del líder del Laboratorio, para poner en marcha las mejoras planteadas y pasar a la etapa 4 y 5.

### ***1.3.4. Diseño de indicadores para control y seguimiento de las mejoras***

Para controlar y hacer un correcto seguimiento a las mejoras implementadas, se diseñó un sistema de indicadores detallado, que permita tomar decisiones rápidas según los resultados que se obtengan en los meses siguientes a la implementación de las propuestas. Este sistema de indicadores se propone como un método de control y medición de los procesos de continuidad en el tiempo y no únicamente para el desarrollo del presente proyecto, dando así paso a la mejora continua de los procesos en el Laboratorio.

### ***1.3.5. Programa de capacitación del personal***

Esta etapa se realiza simultáneamente con el control y seguimiento de las mejoras, justo después de la implementación del plan de mejoramiento, se requirió construir un programa de capacitación al técnico para personal nuevo y se realizó una socialización al encargado del laboratorio donde se explicaba de manera clara la nueva metodología que se planteó en aras de aumentar la productividad del Laboratorio.

## **2. Marco de Referencia**

### **2.1. Marco de Antecedentes**

Para desarrollar de manera coherente el proyecto actual, se realizó una revisión de proyectos de grado desarrollados en la misma modalidad para observar las herramientas, principios, teorías que utilizaron para desarrollar los problemas presentados. La selección de los siguientes trabajos de grado se dio principalmente por la similitud en los problemas identificados en el diagnóstico inicial y por las propuestas de mejora que implementaron. Los tres trabajos de grado sirven para aportar ideas sobre las herramientas utilizadas, detectar conceptos claves y direccionar el presente proyecto.

Kelly Johanna Rojas Santisteban (Rojas, 2020) en su proyecto de grado titulado “Mejoramiento de los procesos productivos de la empresa Empanadas, Precocidos y Arepas de Colombia S.A.S” identificó en el diagnóstico inicial de la empresa: paros constantes, reprocesos en la producción, documentación no definida, incumplimiento de los proveedores, desorganización, desconocimiento en las operaciones, daños en las máquinas y una inadecuada planificación en la producción, lo que provocaba incumplimientos en los tiempos de entrega a los clientes. Entre las mejoras planteadas está la estandarización de procesos, la implementación de

un nuevo método de preasado en la fabricación de la arepa extraqueso, la implementación de tableros andon para disminuir el despilfarro de material y un plan de mantenimiento preventivo con el fin de mitigar los paros y reprocesos. Con estas mejoras, logró aumentar la polivalencia de los operarios de un 4% a un 38% y aumentar la capacidad del operario de 7 paquetes/hora a 32 paquetes/hora con el nuevo método. Todo esto lo midió con los respectivos indicadores que propuso a la empresa y también tuvo éxito debido al programa de capacitación que realizó.

Nicolas Hernández Durán (Hernández, 2021) en su proyecto de grado titulado “Mejoramiento de los procesos productivos de la empresa Deportes Vera Lima y Cia. Ltda.” propone una eliminación del despilfarro para solucionar el problema de demoras en los tiempos de entrega pactados con los clientes que tiene la empresa. Por otro lado, proponen la estandarización de los procesos para solucionar el problema de desperdicio de recursos que tenía la empresa durante varios años. Y, por último, en lo que contribuye dicho proyecto al presente, es la propuesta de un estudio de tiempos y de capacidad real, con el fin de medir los procesos productivos de la empresa, llevar un control riguroso a los tiempos de fabricación y para definir la capacidad productiva pues la empresa no contaba con eso. Como resultado del proyecto, se encuentra una disminución en los niveles de despilfarro, un aumento de la capacidad del 100% y el logro de cuantificar las mejoras porcentuales en tiempo y capacidad para los centros de trabajo.

Nathalia Gutiérrez Badillo (Gutiérrez, 2021) en su proyecto de grado titulado: “Mejoramiento de los procesos productivos de la empresa Tostadora de Café Bon Ami Ltda.” A través de entrevistas, análisis de ventas y compras, revisión de documentación, indicadores de gestión, diagramas de flujo, un análisis de despilfarros y 9 S's; logró identificar en el diagnóstico problemas tales como los reprocesos, costos altos, una mala planificación del abastecimiento y despilfarros. Para darle fin a estas problemáticas, la autora propuso la estandarización y control de

los procesos del chocolate de mesa y del tradicional, para asegurar la calidad de los productos, eliminar los reprocesos y los despilfarros. La implementación de esta propuesta dejó como resultado la disminución de un 24,53% los reprocesos, un ahorro en los costos de materia prima de \$2.351.277,70, una disminución de los errores y la obtención de un producto terminado con características idénticas independientemente del lote de producción. Finalmente, realizó la respectiva socialización de las mejoras, capacitación al personal e implementación de indicadores de seguimiento y control de los procesos productivos mejorados.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Mejoramiento de los Procesos**

Es uno de los términos más usados en el presente proyecto, que es definido por el autor Harrington (1993) como, “una metodología sistemática que se ha desarrollado con el fin de ayudar a una organización a realizar avances significativos en la manera de dirigir sus procesos” (p.23). Más adelante, asegura que el mejoramiento de los procesos ayudará a simplificar y modernizar las funciones, lo que sirve para que los clientes reciban productos buenos. Finaliza diciendo que el objetivo del mejoramiento es garantizar que los procesos de la empresa no tengan errores, se minimicen las demoras, se maximice el uso de los activos, se facilite el empleo, haya entendimiento, sean amistosos con los clientes, sean flexibles, proporcione una ventaja competitiva y reduzca el exceso de personal (Harrington, 1993, p. 23).

Por otro lado, una definición muy parecida según Krajewski, Ritzman & Malhotra (2013) es:

Un estudio sistemático de las actividades y flujos de cada proceso para mejorarlo. Su fin es “conocer los números”, comprender el proceso y sacar los detalles. Una vez que

realmente se comprende el proceso, se puede mejorar. La presión implacable para proporcionar una calidad a un precio más bajo significa que las compañías deben revisar continuamente todos los aspectos de sus operaciones. (p.109)

### 2.2.2. *Mejora Continua*

Un término asociado a la mejora continua es *Kaizen*, esta palabra proviene del japonés y al dividirla en “*kai*” significa cambio y “*zen*” que es mejorar. La mejora continua se enfoca en la gente y en la estandarización de procesos, por lo tanto, es muy empleado en la ingeniería industrial para el mejoramiento de los procesos productivos. Esta práctica no es exclusiva de expertos pues para su empleo requiere de la integración del personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras y demás empleados que el equipo considere necesario (Carro & González, s.f.).

Esta práctica comúnmente se da en el lugar donde se realiza la acción y no en las oficinas, como lo expresa Carros & González (s.f):

Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad y de los métodos de trabajo por operación. Además, *kaizen* también se enfoca en la eliminación de desperdicio, identificado como muda, en cualquiera de sus formas. (p.11)

La idea general es que, en lo posible, las empresas manufactureras apliquen esta práctica para asegurar la calidad y mejorar sus procesos productivos, en aras de aumentar cada vez la productividad.

### **2.2.3. Ciclo Deming**

La mayoría de las empresas que están involucradas en la mejora continua, usan el ciclo *Deming* o planear-hacer-estudiar-actuar, que fue enseñado por el estadístico W. Edwards Deming a los japoneses. Este ciclo está en el corazón de la filosofía de mejora continua (Krajewski et al., 2013a).

El ciclo comprende los siguientes pasos, Según Pineda (2019):

1. **Planear:** Se selecciona el objetivo o la meta que se quiere cumplir en el proceso a mejorar. Luego se documenta el proceso seleccionado. Después, se evalúa los beneficios y los costos de las alternativas evaluadas, para después desarrollar un plan con medidas cuantificables para la mejora.
2. **Hacer:** Se hace la implementación del plan y se va monitoreando los avances. Hay una recolección continua de datos y cualquier cambio que se vea se documenta y se revisa según corresponda. En este paso, es útil usar la gráfica de Gantt para analizar cumplimientos en los tiempos y en las actividades.
3. **Estudiar:** Se analiza los resultados obtenidos y se comparan con los resultados esperados. Si hay un problema importante, se decide en detener el proyecto o reevaluar el plan.
4. **Actuar:** Si los resultados son exitosos, se sistematizan y documentan los cambios que hubo. El equipo puede iniciar con las capacitaciones al personal en la utilización del proceso revisado (Pineda, 2019).

### **2.2.4. Despilfarros**

El despilfarro según Ortiz (2014) es “cualquier cosa que no sea utilizar o consumir el mínimo imprescindible de equipo, materiales, componentes, espacio y tiempo del trabajador para

añadir valor al artículo que se produce” (p. 83), es decir, todo lo que no produce valor en una organización, podría considerarse despilfarro, adicionando, todo aquello que no se utilice al 100%.

El despilfarro se puede clasificar según Ortiz (2014):

1. Relacionado con personas, como movimientos y traslados para traer o llevar herramientas u objetos.
2. Relacionado con máquinas, como contar con máquinas que obligan el trabajo por lotes lo que aumenta el *lead time*.
3. Relacionado con materiales, como la utilización de componentes del producto que el cliente no valora.
4. Relacionado con la dirección, como las reuniones que no generan decisiones o la ausencia de planes estratégicos.
5. Relacionado con métodos, como la generación de altos niveles de inventario.
6. Relacionado con calidad, como la fabricación de productos defectuosos.
7. Relacionado con seguridad, como los accidentes de trabajo que detienen la producción y generan retrasos (Ortiz, 2014).

#### **2.2.5. Estudio de Tiempos**

Según Krajewski, Ritzman & Malhotra (2013) un estudio de tiempo es un método de medición del trabajo para establecer un estándar de tiempo para un trabajo o proceso que selecciona los elementos de trabajo dentro del proceso en estudio, toma tiempos a los elementos, determina el tamaño de la muestra y establece un estándar final. (p. 127)

Por otro lado, Baca (2014) define el siguiente objetivo de un estudio de tiempos:

Su objetivo es registrar los tiempos de ejecución de las actividades de los empleados, observándolas directamente y usando un instrumento de medición del tiempo (por lo general cronómetro, aunque también se utiliza el video y el cronógrafo), evaluando su desempeño y comparando estos resultados con normas establecidas. (p.187)

Para realizar un estudio de tiempos se debe tener en cuenta:

1. Hacer la selección del trabajo que se va a realizar para posteriormente, dividir los elementos del trabajo, para esto, es útil observar un diagrama de flujo (Krajewski et al., 2013b, p. 127).
2. Tomar tiempo a cada elemento. Para esto, hay que tener en cuenta que el operario al que se va a medir el tiempo debe ser un trabajador promedio, que realice su trabajo consistentemente y a un ritmo normal (Baca et al., 2014).
3. Determinar el tamaño de la muestra.
4. Establecer el estándar final (Krajewski et al., 2013b, p. 127).

#### ***2.2.6. Estandarización de los Procesos***

La estandarización es acordar entre las partes involucradas en el proceso cual es la mejor manera de realizar las actividades, apoyándose de guías metodológicas ya sean nacionales o internacionales. Este acuerdo puede cambiar con el tiempo pues con el avance de la tecnología se observan cambios en técnicas de manufactura que mejoran el proceso estandarizado. Harrington (1993) dice que un proceso de producción incluye documentación como:

1. Programas detallados de acción que especifican todas las dimensiones del producto.
2. Especificaciones detalladas que cubren todas las soluciones de otros procesos aplicados al producto.

3. Instrucciones de trabajo paso a paso.
4. Una serie de instrucciones de inspección y/o prueba (Harrington, 1993).

Adicional a esto, indica que la estandarización es importante, debido a que es uno de los primeros pasos para mejorar cualquier proceso y que los procedimientos detallados deben:

1. Ser realistas con base en un análisis cuidadoso.
2. Definir responsabilidades
3. Establecer límites de autoridad
4. Cubrir situaciones de emergencia
5. No estar expuestos a diferentes interpretaciones
6. Ser de fácil comprensión
7. Explicar cada uno de los documentos, su objetivo y su utilización
8. Definir requisitos de entrenamiento y establecer estándares mínimos de desempeño (Harrington, 1993).

Por último, expresa, que la meta no es generar gran cantidad de papeleo administrativo, pero la forma óptima de realizar una tarea debe ser estandarizada (Harrington, 1993).

### ***2.2.7. Diagrama de Flujo del Proceso***

“El diagrama de flujo del proceso describe cada una de las fases de proceso productivo con mayor detalle que el diagrama de operaciones” (Ortiz, 2014, p. 19). Además, Baca et al. (2014) agrega:

El diagrama de flujo de proceso sea el más conocido y el de uso más amplio, debido a que los símbolos que utiliza fueron creados a fines del siglo XIX en Estados Unidos de

América, por la Sociedad Norteamericana de Ingenieros Mecánicos (ASME, por sus siglas en inglés, American Society of Mechanical Engineering). (p. 271)

Los símbolos básicos estándar son cinco y de ellos se puede derivar otros símbolos más como se muestra en la figura 5:

## Figura 2.

*Símbolos estándar para diagramas de flujo*



*Nota:* Tomado del libro “Herramientas básicas para el análisis y mejoramiento de la productividad en procesos de manufactura” (Ortiz, 2014)

En este tipo de diagrama, se puede agregar ciertas anotaciones con el fin de describir a detalle el proceso y permitir que la persona que va a leer el diagrama pueda entender con facilidad. Incluso se puede anotar el tiempo que toma cada actividad. (Baca et al., 2014)

### 2.2.8. Capacidad

Para la definición de capacidad, se tiene dos definiciones las cuales no varían entre sí:

A manera de ejemplos se tiene, “En los negocios, en sentido amplio, se suele considerar como la cantidad de producción que un sistema es capaz de generar durante un periodo específico;

en el contexto de los servicios, se refiere, digamos, al número de clientes que se pueden atender entre las 12 a.m. y la 1 p.m.; en el sector manufacturero tiene que ver por ejemplo con la cantidad de automóviles que se producen en un solo turno” (Chase & Jacobs, 2014, p. 72).

A manera breve, “Capacidad es la tasa máxima de salida de un proceso o sistema” (Krajewski et al., 2013b, p. 202).

También se tiene, “Monto de producción que un sistema es capaz de alcanzar en un periodo específico” (Chase & Jacobs, 2014)

Por otro lado, la capacidad comprende la planeación a tres plazos:

1. Largo plazo: esto hace referencia a más de un año y se da cuando se requiere mucho tiempo para adquirir o deshacerse de los recursos de producción. Esta planeación implica la participación de la alta gerencia.
2. Mediano plazo: Mensuales, o de 6 a 18 meses y se da cuando se altera la capacidad con contrataciones, recortes de personal, nuevas herramientas, adquisición de equipamiento y subcontratación.
3. Corto plazo: Comprende a menos de un mes y se da con los programas diarios o semanales, esto implica tener que hacer ajustes para que no haya variación entre la producción planeada y la real (Chase & Jacobs, 2014).

### ***2.2.9. Indicadores de Gestión***

Un indicador es una expresión cualitativa o cuantitativa que permite describir las características o comportamientos de la realidad a través de una o varias variables, que posibilita la comparación con periodos específicos y poder hacer un análisis de las propuestas implementadas. Los indicadores sirven para establecer un logro y el cumplimiento de la misión,

objetivos y metas de un determinado proceso, este contexto, sirve para que el análisis tenga sentido (E. Rodríguez, 2012)

Según Rodríguez (2012), los indicadores deben tener ciertas características para apoyar la evaluación de desempeño:

1. Oportunidad: Deben permitir obtener información en tiempo real, medir con precisión los resultados alcanzados y los desfases con respecto a los objetivos propuestos, que permitan la toma de decisiones para poder realizar correcciones oportunas de la gestión.
2. Excluyentes: Cada indicador debe evaluar un solo aspecto de la realidad, puede considerar diversas dimensiones, pero no abarcarlas todas.
3. Prácticos: Que se facilite su recolección y procesamiento.
4. Claros: Que sean comprensibles, tanto para los que lo están aplicando como para los que no, por lo tanto, si el indicador solo lo entiende el que lo construyó, debe replantearse.
5. Explícitos: Se debe definir debidamente las variables para evitar interpretaciones ambiguas.
6. Sensibles: Reflejar el cambio de la variable en el tiempo.
7. Transparente/Verificable: Su cálculo debe ser documentado para dar seguimiento. (p. 19)

Rodríguez (2012), también plantea una estructura básica de un indicador que ayuda a saber cómo construir y lo que debe ir en la ficha técnica. La estructura es:

3. Objetivo: El para qué se establece el indicador y qué mide.
4. Definición: Simple, clara y una sola característica.

5. Responsabilidad: Identifica quienes son los principales responsables de la medición.
6. Recursos: Puede variar entre personal, instrumentos, informática, entre otros.
7. Periodicidad: Cada cuanto se mide.
8. Nivel de referencia: Metas, datos históricos, estándar establecido, requerimiento de un cliente o de la competencia.
9. Puntos de lectura: En qué punto se llevará a cabo la medición: al inicio, en una etapa intermedio o al final del proceso. (p. 38)

### 3. Diagnóstico Inicial

Para el diagnóstico, se realizaron visitas al laboratorio con el fin de hacer una correcta identificación del problema y observar oportunidades de mejora en los procesos productivos que lleva a cabo. Esta fase se realizó en dos meses de trabajo y se desarrolló a través de la siguiente metodología:

#### **Tabla 2.**

*Metodología para la realización del diagnóstico inicial del laboratorio.*

| <b>Etapa</b>                 | <b>Descripción</b>  |
|------------------------------|---|
| <b>1</b> Revisión conceptual | Se realizaron búsquedas de información en fuentes secundarias relacionadas con el mejoramiento y estandarización de los procesos productivos, así como guías de procesos para la elaboración de secciones delgadas en un laboratorio de preparación de muestras |

|          |  |  |
|----------|--|--|
|          | geológicas, y una revisión de trabajos de grado culminados en la temática, con el fin de conocer los principales referentes teóricos que sustentan los procesos productivos y así generar las bases teóricas necesarias. |  |
| <b>2</b> | <b>Análisis preliminar</b>   | Se realizó una etapa de acercamiento al laboratorio con el fin de obtener información general, de los equipos, materiales de protección, espacios de trabajo, materias primas y personal.  |
| <b>3</b> | <b>Revisión documental del laboratorio</b>   | Se realizó una revisión general de la documentación existente en el laboratorio como lo son manuales, registros, bitácoras, inventarios, entre otros. De esta manera, se pudo observar qué información importante estaba faltando para hacer la implementación de nuevos documentos y así facilitar la recolección de dicha información. |
| <b>4</b> | <b>Observación directa</b>   | Se realizaron visitas al laboratorio guiadas por el técnico encargado, con el fin de poder reconocer los procesos productivos que se realizan la mayor parte del tiempo, con el fin de poder observar detenidamente qué se puede mejorar o qué problemas hay en los procesos de preparación de muestras.                                 |
| <b>5</b> | <b>Encuesta estructurada</b>   | Se realizó una encuesta estructurada de manera virtual con el fin de saber la opinión y el punto de vista de los usuarios del laboratorio, que en este caso son: el técnico quien es el encargado de realizar los procesos, el líder encargado que tiene conocimiento profundo del laboratorio y su funcionamiento y los profesores y    |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | estudiantes que en su mayoría son quienes hacen uso de estos servicios y los agentes externo. |   |
| 6 | Análisis de despilfarros  | Se realizó un análisis de despilfarros a partir de una lista de chequeo mediante la metodología 5MQS, con el fin de observar a través de un gráfico radial el nivel de despilfarros en los parámetros de personas, maquinas, materiales, dirección, métodos, calidad y seguridad. |
| 7 | Conclusiones del diagnóstico  | Una vez realizadas las etapas anteriores, se procede a concluir con la información recolectada y exponer la problemática encontrada apoyándose de un diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto.   |

### 3.1. Revisión Conceptual

En esta etapa, se realizó una búsqueda de trabajos de grados culminados en esta temática; para esto, se utilizó el catálogo bibliográfico de la Universidad Industrial de Santander, a partir de ahí, se pudo orientar el trabajo en cuanto a estructura y dio paso a investigar temas en libros de mejoramiento de procesos, con el fin de recordar y reforzar términos y temáticas específicas reflejadas en el marco teórico.

### 3.2. Análisis Preliminar

En esta etapa, se realizó una visita inicial al Laboratorio, donde fue presentado el técnico Luis Fernando Anaya Molina; quien está encargado de realizar los procesos productivos en el Laboratorio. Además, se pudo reconocer a manera general ciertos parámetros como:

### **3.2.1. Áreas y Equipos:**

El laboratorio tiene cuatro áreas de trabajo debidamente marcadas, separadas y ordenadas en las cuales se encuentran los respectivos equipos se manejan. Lo correspondiente a materia prima está separado en una sola sección, exceptuando pequeños insumos que están en cada área. Las áreas se dividen así:

1. Área de corte y pulido: El área está dotada con lavamanos donde se lavan las muestras para facilitar su visualización una vez realizadas las actividades y también se encuentran nueve equipos: Un taladro semiautomático con el cual se cortan rocas en forma de cilindro, marca Incor; dos cortadoras de rocas, marca Buehler, una cuyo disco es un poco delicado por tal motivo no se usa con frecuencia y la otra con un disco más grueso y resistente la cual es usada para rocas duras; una cortadora de precisión, marca Buehler, cuyo disco es pequeño y delgado, usado para cortar rocas delicadas o para hacer pequeños cortes; equipo de pulido marca Buehler; baño de ultrasonido marca Elma; equipo de corte y pulido marca Buehler y dos visores petrográficos.
2. Área de montaje: En esta área, se puede encontrar materia prima ordenada como el pegante, la resina, portaobjetos de microscopio, ganchos, papel y una lámpara. También se encuentran nueve equipos: Un microscopio petrográfico, marca Nikon; una lupa binocular, marca Nikon; un horno de secado, marca Thermo Scientific; cuatro planchas de calentamiento, marca Thermo Scientific y dos balanzas analíticas y de precisión, marca Ohaus. A este equipo le hace falta calibración periódica.

3. Área de tinciones: En esta área se encuentra un equipo que es la cabina de extracción y un espacio para colocar los reactivos químicos utilizados en esta operación.
4. Área de impregnación: En esta área hay un equipo core holder, marca Incor y una bomba de vacío.

*Observación:* Otras herramientas que hay es un computador para el registro de las muestras, y un área de recepción y almacén de pruebas terminadas. A forma general, se puede decir que el laboratorio es amplio, por lo tanto, no se observa cosas fuera del lugar de trabajo, los equipos con los que cuenta son sofisticados y las marcas son conocidas por su calidad. Adicional a esto, las áreas están bien localizadas, con el fin de que el técnico no realice muchos movimientos en la realización de una sección delgada. Por estos motivos, se omite realizar levantamiento de plano y análisis de las 5's.

En cuanto a la calibración de las balanzas, es importante que se realicen periódicamente para tener mayor exactitud en sus mediciones.

### **3.2.2. *Materiales de Protección Personal:***

El técnico cuenta con tres batas, dos protectores auditivos y gafas de seguridad. Para realizar los procesos de tinciones, se cuenta con una máscara para ácidos y guantes de seguridad.

### **3.2.3. *Materias Primas:***

Hay alrededor de treinta y siete items entre reactivos químicos del laboratorio y materiales. Muchos de ellos no son de rotación rápida pues no se usan todo el tiempo o su vida útil es larga. La mayoría de los reactivos y materiales que se adquirieron para abrir el laboratorio en el 2017

aún están y siguen siendo usados. Los materiales de rotación rápida en su mayoría son los pegantes y los que son usados para la limpieza del espacio de trabajo. La mayoría de estos insumos se encuentran ubicados bajo el área de recepción a excepción de los más usados los cuales se encuentran debajo o sobre cada área de trabajo.

*Observación:* Algunas materias primas son importadas, por lo tanto, es indispensable contar con una programación adecuada del abastecimiento para que la producción no se detenga o afecte la calidad del producto final. El laboratorio no cuenta con un control de inventarios, lo cual dificulta su abastecimiento. También es necesario analizar la cantidad de resina y endurecedor necesario para que se prepare lo suficiente para cubrir las muestras a realizar y así evitar material sobrante que al secarse se convierte en un desperdicio.

### **3.3. Revisión Documental del Laboratorio**

En esta etapa se solicitó al técnico del laboratorio, un permiso para acceder a los documentos que se manejan en el laboratorio, quién de forma paralela explicó el uso que se le daba a cada uno. Por otro lado, se le solicitó enviar los documentos al correo del autor del proyecto para ser revisados detenidamente.

Los documentos enviados fueron cuatro: Una bitácora, una relación de insumos y su uso, tarifas de los servicios ofertados y por último los costos de la materia prima adquirida en el año 2017; adicional a estos, también se anexaron tres documentos en Word que contenían la descripción del procedimiento de 3 procesos.

- **Bitácora:** Es un archivo en Excel, donde se puede observar el número de muestras realizadas entre los años 2018 y 2022. Cuenta con cuatro columnas

donde describen el cliente, código de las muestras realizadas o el total de ellas, fecha de entrega de las muestras y clasificación del cliente.

*Observación:* Este documento carece de información específica o descriptiva de los procesos realizados, tampoco se lleva control de la calidad o comentarios de los clientes, no se registran inconvenientes que se hayan tenido en la preparación de la muestra como reprocesos o muestras dañada. Se vio la necesidad de diseñar un nuevo documento para llevar este tipo de registros, por lo tanto, se creó una nueva bitácora para registrar información (ver apéndice 1).

- **Relación de insumos:** Este documento está completo, muestra el uso que se le da al material o al reactivo, el proveedor, la presentación y la referencia, dando facilidad para una próxima compra. Adicional tiene una aproximación de cuantas secciones se pueden realizar con cada presentación.
- **Costos materia prima:** Este documento está completo, muestra el costo de cada producto con su respectiva referencia y empresa, adicional se agregan los costos de importación según corresponda.

*Observación:* El documento está completo, pero es necesario actualizar los precios de los insumos, de lo contrario solo se podría realizar una aproximación.

- **Tarifas:** Los precios no están actualizados. Aquí se puede observar todos los procesos que se ofrecen en el laboratorio:
  - Elaboración de secciones delgadas (con cubreobjeto)
  - Elaboración de secciones delgadas pulidas (sin cubreobjeto)

- Elaboración de secciones delgadas doblemente pulidas de roca (o de materiales de relleno hidrotermal) para observación de inclusiones fluidas
- Tinción para porosidad (adicionales a las secciones delgadas y delgadas pulidas)
- Elaboración de probetas pulidas.
- Tinción para microfracturamiento (adicionales a las secciones delgadas y delgadas pulidas)
- Tinción para carbonatos (adicionales a las secciones delgadas con cubreobjetos)
- Tinción para feldespatos (adicionales a las secciones delgadas con cubreobjetos)
- Preparación de tapones (plugs)
- Análisis petrográfico de secciones delgadas (incluye: relación de minerales presentes, clasificación de la roca y microfotografía).

*Observación:* El último proceso presentado (análisis petrográfico) no corresponde a los procesos productivos del laboratorio, por tal motivo, no se tendrá en cuenta en el desarrollo de este proyecto.

- **Descripción de los procedimientos:** Los procesos que están descritos en estos tres documentos enviados son: elaboración de secciones delgadas, elaboración de secciones delgadas pulidas y preparación de inclusiones fluidas. Los documentos describen de manera general cómo se realizan los procesos, apoyándose de un diagrama de bloque lo que permite observar una visión rápida no compleja del

proceso, es decir, no se maneja los símbolos estándar de la ASME, que permite entender más el proceso que se está llevando a cabo cuando hay almacenamiento, operación, inspección, transporte, entre otros. Vale la pena realizar nuevos manuales de los procesos, teniendo en cuenta estos que ya están como base.

*Observación:* A manera general, se puede decir que el Laboratorio carece de documentos actualizados, por ejemplo: nuevas compras, control de inventarios, un sistema de costos, estandarización de procesos, capacidad productiva, precios de venta actualizados. Aunque la idea no es generar gran cantidad de papeleo administrativo, estos documentos son necesarios para tener más control de la producción y poder tomar decisiones basadas en hechos, así como tener una trazabilidad de los servicios ofertados. Se ve la necesidad de documentar y estandarizar los procesos.

### **3.4. Observación Directa**

Esta etapa se realizó en varias visitas al laboratorio donde se pudo observar los procesos que se manejan allí. A lo largo de la ejecución de estos procesos se pudo identificar las siguientes observaciones:

- El técnico trabaja la mayoría del tiempo productivo de pie, lo que según la Unión Sindical Obrera (USO) (2021) en España, está asociado a efectos para la salud como dolor y problemas en piernas, rodillas, tobillos y pies, lumbalgia, presión arterial alta, enfermedad cardíaca, varices y fatiga. Se debe examinar la manera de contrarrestar estos efectos asociados.

- Se observan varios reprocesos, se realizan varias esperas durante todo el proceso, como el secado o la impregnación y si no está perfectamente se debe volver a hacer, gastando más tiempo y generando efectos de demora en la entrega de las secciones delgadas. Durante los procesos observados, se concluyó que aproximadamente al 20% de las muestras trabajadas se le tuvieron que hacer reprocesos.
- Se observan tiempos de entrega muy extensos.
- Se debe asegurar la calidad, disminuyendo los tiempos de espera en la impregnación de la resina y el pegado de los cubreobjetos.
- La limpieza es fundamental en cada operación, es algo que ya se tiene establecido y es manejado perfectamente por el técnico, sin embargo, es importante recalcar la importancia de este parámetro.
- El trabajo es muy repetitivo debido a que se manejan lotes de muestras, por lo cual se realiza cada operación una por una para agilizar el tiempo. Esto requiere una adopción de postura mantenida, aunque no es por un tiempo prolongado.
- El trabajo por lotes se da debido a la utilización de ciertos equipos como el horno, con el motivo de no mantenerlo prendido durante un largo periodo sino por tiempos establecidos, esto reduce los costos indirectos de fabricación.
- Debe realizarse otras actividades como de limpieza o preparación de mezclas en los tiempos de espera.
- El trabajo es completamente manual y asistido por equipos, se deben hacer varias verificaciones durante el proceso.

### 3.5. Encuesta Estructurada

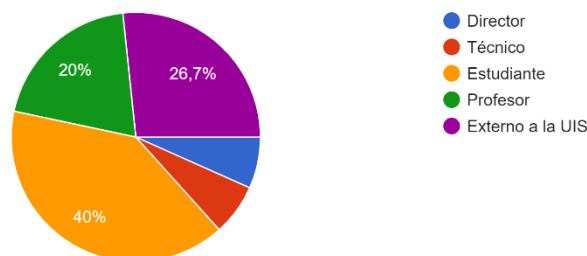
En esta etapa, se diseñó y difundió una encuesta estructurada (Ver Apéndice 2) constituida por tres secciones diferentes teniendo en cuenta al encargado, el técnico y los clientes (profesores, estudiantes y agentes externos). Lo que se buscó en esta encuesta fue preguntar de manera directa a los usuarios los problemas que ellos piensan que puede tener el laboratorio, si tuvieron o tienen algún inconveniente, que les gustaría mejorar, como califican el servicio, entre otras preguntas que son de utilidad para que el autor del proyecto identifique la situación actual. También se usó para poder recolectar información sobre los procesos realizados debido a que no se tenía registro de estos.

Se obtuvieron quince respuestas (Ver Apéndice 3) de las cuales, una correspondía al técnico y otra al encargado. Es decir, se obtuvieron trece respuestas de los veintiséis clientes registrados en los documentos del laboratorio.

#### Figura 2.

##### *Relación usuario y laboratorio*

Relación con el laboratorio:  
15 respuestas



En la figura 2, se puede observar la distribución de los clientes en sus tres clasificaciones: estudiante, profesor y agente externo a la UIS. Se puede concluir que la mayoría corresponden a estudiantes.

Los resultados más significativos de la encuesta son los siguientes:

- El 66,7% de los encuestados consideran que el servicio prestado es muy satisfactorio. Sólo una persona (8,3%) considera el servicio como aceptable.
- Todos los encuestados consideran que el Laboratorio tiene buenas instalaciones y está dotado con buen equipo.
- Todos los participantes recomendarían el laboratorio a posibles clientes.
- Un participante considera que los productos entregados no fueron de buena calidad expresándolo así: “No, las secciones delgadas se presentaron sin tintaciones, con burbujas y algunos con minerales más pulidos o sobre pulidos”
- Tres encuestados (18.75%) consideran que el Laboratorio tiene problemas en los tiempos de entrega. Uno de ellos es un cliente que realizó un pedido grande.
- Cuatro encuestados (25%) consideran que se debe mejorar la publicidad y la difusión de los servicios del laboratorio.
- El técnico y el encargado del Laboratorio expresan no haber tenido algún inconveniente con algún externo.
- El técnico considera necesario normalizar el suministro de nitrógeno gaseoso en el Laboratorio, también la adquisición de muebles, sillas y una nevera de 50 litros para guardar pegantes.

- El técnico asegura que el estado de las máquinas y equipos del Laboratorio, se encuentran entre un 90% y 100%.
- El técnico expresa que las condiciones laborales son perfectas para él, aunque piensa que es importante realizar capacitaciones técnicas.
- El encargado del Laboratorio contempla la necesidad de realizar mantenimiento preventivo y reemplazo de elementos de algunos equipos, también contar con el apoyo de un auxiliar o técnico.

*Observación:* Debido a que hay personas que consideran que existen problemas con los tiempos de entrega y el autor del proyecto en la etapa de observación directa, también identificó tiempos de entrega muy extensos, se considerará un problema a mejorar en el desarrollo de este proyecto.

**Tabla 2.**

*Relación servicio y número de muestras solicitadas*

| SERVICIO |     |     |      |      |    |      |      |      |      |
|----------|-----|-----|------|------|----|------|------|------|------|
| Rango    | SD  | SDP | SDDP | TP   | TM | TC   | TF   | Plug | mi   |
| Muestras |     |     |      |      |    |      |      | s    |      |
| 1 - 5    | 6   | 3   | 2    | 1    | 1  | 1    | 1    | 2    | 3    |
| 6 - 10   | 2   | 1   | 1    | 1    |    | 1    | 1    | 2    | 8    |
| 11 - 15  |     | 1   | 1    |      |    |      |      |      | 13   |
| +20      | 1   |     |      |      |    |      |      |      | 35,5 |
| +50      | 1   |     |      | 1    |    | 1    | 1    |      | 75,5 |
| n        | 10  | 5   | 4    | 3    | 1  | 3    | 3    | 4    |      |
| mi*fi    | 145 | 30  | 27   | 86,5 | 3  | 86,5 | 86,5 | 22   |      |

|   |      |   |      |          |   |         |          |     |
|---|------|---|------|----------|---|---------|----------|-----|
| - | 14,5 | 6 | 6,75 | 28,83333 | 3 | 28,8333 | 28,83333 |     |
| X |      |   |      | 33       |   | 33      | 33       | 5,5 |

**Tabla 3.**

*Abreviaciones usadas en la tabla 2*

| <b>Abreviación</b> | <b>Descripción</b>   |
|--------------------|--|
| <b>SD</b>          | Elaboración de secciones delgadas (con cubreobjeto)  |
| <b>SDP</b>         | Elaboración de secciones delgadas pulidas (sin cubreobjeto).   |
| <b>SDDP</b>        | Elaboración de secciones delgadas doblemente pulidas de roca (o de materiales de relleno hidrotermal) para observación de inclusiones fluidas. |
| <b>TP</b>          | Tinción para porosidad (adicionales a las secciones delgadas y delgadas pulidas).  |
| <b>PP</b>          | Elaboración de probetas pulidas.   |
| <b>TM</b>          | Tinción para microfracturamiento (adicionales a las secciones delgadas y delgadas pulidas).  |
| <b>TC</b>          | Tinción para carbonatos (adicionales a las secciones delgadas con cubreobjetos).   |
| <b>TF</b>          | Tinción para feldespatos (adicionales a las secciones delgadas con cubreobjetos).  |
| <b>Plugs</b>       | Preparación de tapones (plugs).  |

La media hallada en la tabla 3, se obtuvo utilizando la fórmula para datos agrupados que se muestra a continuación:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k m_i f_i$$

Donde:

$n$  es el número de datos,  $k$  es número de clases,  $m_i$  es la marca de clase  $i$  y  $f_i$  es la frecuencia de la clase  $i$ . (L. Rodríguez, 2007)

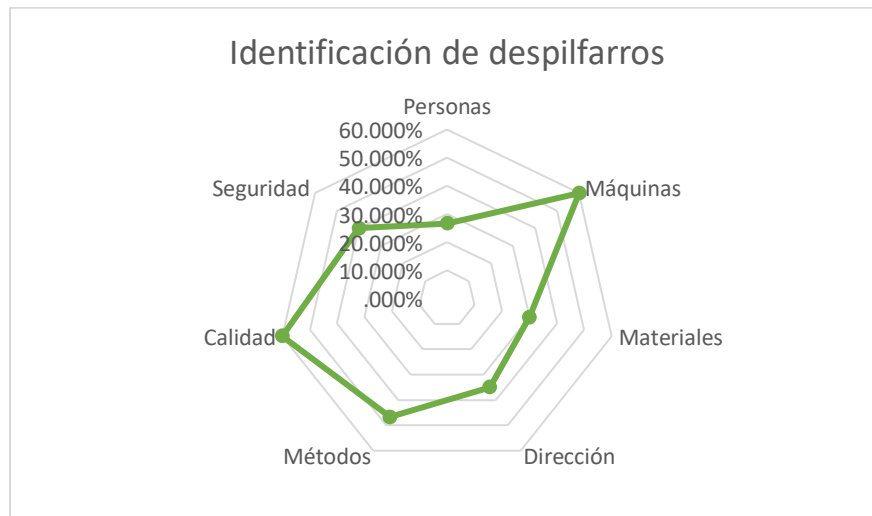
En la tabla 3, se puede observar que los cuatro procesos más solicitados en el laboratorio son: preparación de secciones delgadas (Con cubreobjetos), tinción para porosidad, tinción para carbonatos y tinción para feldespatos. Dicha información se obtuvo de preguntarle a los respectivos clientes cuales servicios han solicitado en el laboratorio y que estimaran un número de muestras que mandaron a realizar. De esta información, se prioriza estos cuatro procesos para trabajar en el desarrollo del proyecto debido al respectivo alcance; las implementaciones que se van a realizar con estos procesos se pueden replicar para los otros cinco procesos que maneja el laboratorio (debido a que el proceso de elaboración de probetas pulidas no fue solicitado por los que contestaron la encuesta).

### **3.6. Análisis de Despilfarros**

En esta etapa, se realiza una lista de chequeo (Ver Apéndice 4) basados en el análisis de despilfarros 5MQS, que describe el profesor Néstor Raúl Ortiz en su libro “Técnicas Básicas para el análisis y mejoramiento de la productividad en procesos de manufactura”. Este análisis sirve para observar dónde hay despilfarros en el laboratorio, analizar las causas y plantear planes de mejora para los despilfarros identificados. Como síntesis de resultados, se plantea la siguiente gráfica gradual:

#### **Figura 3.**

*Gráfica gradual de identificación de despilfarros 5MQS*

**Tabla 4.**

*Resultados análisis de despilfarros*

| Despilfarro | Porcentaje |
|-------------|------------|
| Persona     | 26,67%     |
| Máquinas    | 60%        |
| Materiales  | 30%        |
| Dirección   | 35%        |
| Métodos     | 46,67%     |
| Calidad     | 60%        |
| Seguridad   | 40%        |

### 3.6.1. Análisis de resultados

- Relacionado con personas:** Se observan ciertos movimientos y traslados del técnico en el Laboratorio para traer algunos insumos y también objetos de seguridad cuando se va a usar una maquina en específico, se puede decir que dichos movimientos son cortos. A esto se le puede sumar cierto tiempo de inactividad del operario y pequeñas búsquedas de herramientas o muestras en el puesto de trabajo.

- **Relacionado con máquinas:** Se evalúa el poco uso que se le da a una de las cortadoras de roca, cuyo disco es delicado, esta máquina ocupa un espacio en el laboratorio que puede ser aprovechado. También, se presenta que las máquinas utilizadas son grandes lo que hace que se trabaje por lotes, esto causa que el *lead time* aumente, es decir, el tiempo desde que inicia el proceso productivo hasta que termina. Por último, hay una ausencia de programas de mantenimiento de máquinas y equipos, lo que puede generar daños imprevistos y detener la producción.
- **Relacionado con materiales:** El despilfarro es la resina époxica que se prepara y no se utiliza en su totalidad para cubrir las muestras, lo que causa que al secarse tenga que botarse.
- **Relacionado a la dirección:** Hay una ausencia de planes estratégicos en el laboratorio, no se cuenta con otro plan de mejoramiento adicional al presente proyecto. También, se observa una inadecuada gestión logística, debido a que no hay un control de los inventarios, esto imposibilita tener presente la rotación de la materia prima lo que dificulta el proceso de abastecimiento.
- **Relacionado con métodos:** Se observa una generación de altos niveles de inventario, hay materia prima desde que se creó el laboratorio, lo que implica una designación de un área en el Laboratorio que representa dinero.
- **Relacionado con calidad:** Hay que realizar inspecciones durante todo el proceso, si bien es una actividad necesaria es importante ver la posibilidad de simplificarlas o integrarlas con otras actividades.

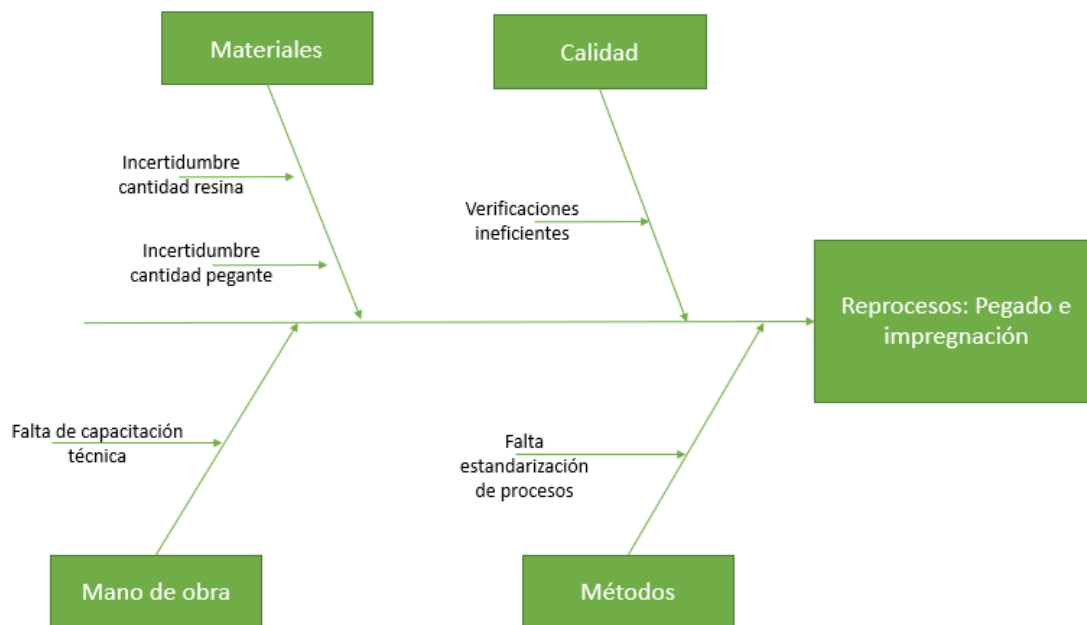
- **Relacionado con seguridad:** No hay un programa de seguridad y salud en el trabajo ni manejo de posturas y estrés que es primordial para trabajos que requieren paciencia y concentración.

### 3.7. Conclusiones del Diagnóstico

En esta etapa, se recopiló la información plasmada en las observaciones de cada etapa y se realizó el diagrama de causa-efecto para plantear las problemáticas identificadas y las causas asociadas.

#### Figura 4.

*Diagrama causa-efecto: problemática 1*



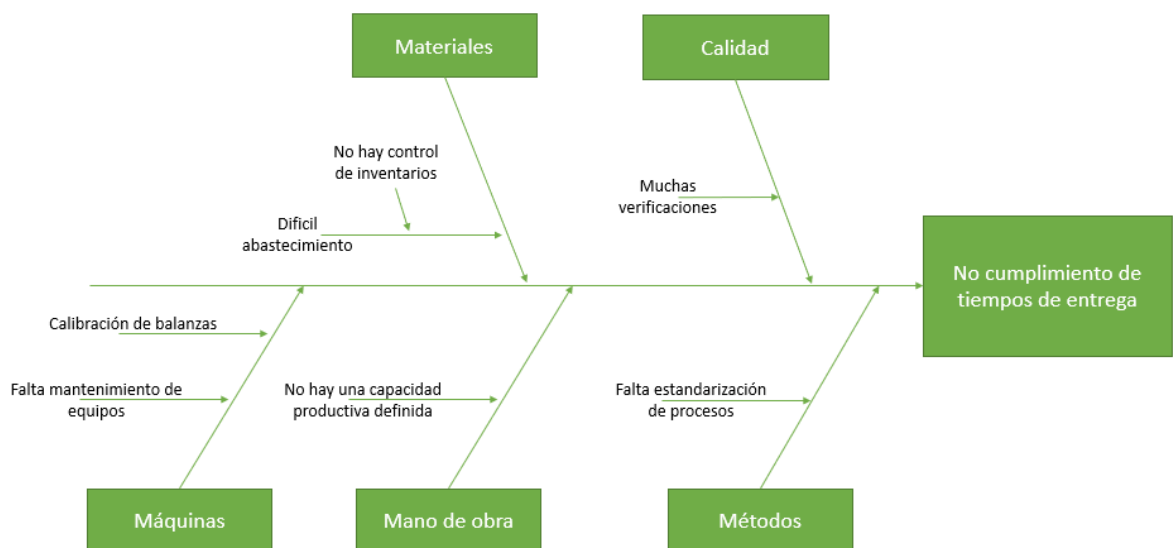
La primera problemática identificada fueron los reprocesos que se realizan en las actividades de pegado de la muestra al cubreobjetos y la impregnación de resina a la muestra. En estas actividades se realizan una serie de verificaciones que permiten al técnico saber si debe o no

volver a realizar el proceso, esto para garantizar la calidad del producto final. Una causa asociada es la falta de estandarización de los procesos, pues al no tener documentado la descripción de cada proceso es complicado saber cuáles son las actividades puntuales y las cantidades de materiales que se requieren para realizar cada una, por lo que se considera que hay una incertidumbre en la cantidad necesaria de resina y de pegante para tratar un número determinado de muestras. La última causa, es la falta de capacitación técnica, pues el laboratorio carece de programas de capacitación, con el fin de que el técnico conozca nuevas prácticas de manufactura asociadas a los procesos para optimizarlos.

Inicialmente se plantea esta problemática por la incertidumbre de saber si estas actividades agregan o no valor al proceso productivo; la idea general es confirmar si es un problema y solucionarlo o plantear que efectivamente son actividades necesarias en el proceso productivo.

### Figura 5.

*Diagrama causa-efecto: problemática 2.*



La segunda problemática identificada es el incumplimiento en los tiempos de entrega de las muestras tratadas. La estandarización de los procesos productivos y la definición de la capacidad productiva son causas asociadas a este problema, con el tratamiento de dichas causas se puede definir una política de estimación de tiempos de entrega, lo que permitiría cumplimientos en dichos tiempos y un aumento en la satisfacción del cliente. Las otras causas son consideradas secundarias, en cuanto a las verificaciones, se buscará en lo posible disminuirlas; el abastecimiento, la calibración y el mantenimiento de los equipos son necesarios tratarlos y ponerles atención para evitar incumplimientos en los tiempos de entrega.

Para desarrollo del presente proyecto, se realizará la estandarización de los procesos productivos del laboratorio buscando así, solucionar el 75% de las causas de la problemática de los reprocesos y el 40% de la problemática del incumplimiento en los tiempos de entrega porque así, no se tendrá incertidumbre en la cantidad de los materiales necesarios y se tratará las verificaciones de los procesos. Adicional a esto, se realizará la definición de la capacidad productiva, con el fin de que el técnico del laboratorio sepa cuantas pruebas se producen en un tiempo determinado y así definir una política de tiempo de entrega en el laboratorio, con esto se busca solucionar un 20% más a la problemática de incumplimiento en los tiempos de entrega, teniendo como resultado un 60% solucionado. Finalmente, se realizará la definición de los costos y el planteamiento de los respectivos precios de los servicios, partiendo de lo importante que significa que cualquier entidad tenga un control de sus utilidades y el gran beneficio que puede traer al laboratorio.

#### **4. Formulación del plan de mejoramiento**

Una vez identificados los problemas en el diagnóstico inicial del Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas de la Universidad, permite dar paso a la etapa 3 de la metodología del proyecto y desarrollar el tercer objetivo específico que formula el plan de mejoramiento que se implementa en el laboratorio.

El plan de mejoramiento tiene la estructura de objetivo de la propuesta, problemática que resuelve y un cronograma de actividades donde se especifican los recursos, los responsables y la duración estimada; todo esto, con el fin de describir lo mejor posible las propuestas de mejora. Las propuestas contenidas en el plan de mejoramiento son implementadas según aprobación de la dirección del laboratorio y para los cuatro procesos priorizados como la preparación de secciones delgadas con cubreobjeto, tinción para porosidad, tinción para carbonatos, tinción para feldespatos; y las propuestas son la estandarización de procesos, definición de la capacidad productiva, definición de costos y actualización de precios de venta.

#### **4.1. Estandarización de los procesos productivos**

##### ***4.1.1. Objetivos de la propuesta***

- Simplificar, unificar y especificar lo máximo posible los cuatro procesos productivos a intervenir del Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas, con el fin de que se presente de una manera clara, precisa y con las actividades necesarias.
- Minimizar en un 75 % la problemática de reprocesos y en un 40 % la problemática de incumplimiento en los tiempos de entrega.

#### **4.1.2. Problemática**

La propuesta busca solucionar parcialmente los reprocesos en las actividades de pegado e impregnación, esto debido a que, si tenemos los procesos estructurados correctamente, las verificaciones ineficientes y las incertidumbres en las cantidades a usar para cada uno de los procesos se deben eliminar o en su defecto, disminuir considerablemente. De las otras causas asociadas a este problema, la única que queda sin resolver es la falta de capacitación técnica y se plantea como una necesidad de estar actualizados en las prácticas modernas de manufactura en el área, para que la dirección interna del Laboratorio pueda tomar acción en un futuro.

Esta propuesta también soluciona parte de la problemática de incumplimiento en los tiempos de entrega, debido a que, si los procesos están estandarizados, las verificaciones van a disminuir y a la vez los tiempos de preparación de una muestra, de esta manera se podrían entregar las pruebas a la fecha planeada.

#### **4.1.3. Plan de implementación de la estandarización de los procesos**

Para la implementación de esta propuesta es necesario realizar visitas al Laboratorio con el fin de documentar los procesos en formato vídeo para posteriormente documentarlos en digital, hacer los respectivos diagramas e investigar cuál es la mejor manera de estandarizar los procesos del Laboratorio. Posteriormente, se procede a estandarizar y realizar la entrega de los manuales de procedimientos construidos. En la tabla 5, se puede observar las actividades para implementar esta propuesta, también se relaciona los recursos, los responsables y la duración estimada de las actividades.

**Tabla 5.***Cronograma de actividades propuesta #1*

| <b>Actividades</b>  | <b>Recursos</b>  | <b>Responsables</b>                          | <b>Duración estimada</b> |
|---|--|--|--------------------------|
| Realizar visitas al laboratorio para documentar los procesos productivos en vídeo | Transportes, cámara de vídeo, tiempo de los responsables | Autor del proyecto y técnico del Laboratorio | 20 días                  |
| Documentar los procesos productivos en digital                                    | Internet, computador, tiempo del responsable             | Autor del proyecto                           | 10 días                  |
| Investigar y determinar la mejor manera para estandarizar los procesos            | Internet, computador, tiempo del responsable             | Autor del proyecto                           | 5 días                   |
| Estandarizar los procesos   | Internet, computador, tiempo del responsable             | Autor del proyecto y técnico del Laboratorio | 30 días                  |

## 4.2. Definición de la capacidad productiva

### 4.2.1. *Objetivos de la propuesta*

- Definir la capacidad productiva de los cuatro procesos del Laboratorio.
- Establecer una política de tiempos de entrega en los cuatro procesos a intervenir en el Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas, con el fin de tener certeza en el nivel de atención del mercado y satisfacer las necesidades del cliente en los tiempos estimados.
- Minimizar en un 20 % la problemática de incumplimiento en los tiempos de entrega.

#### 4.2.2. Problemática

Con el desarrollo de esta propuesta, se soluciona parcialmente el problema de incumplimientos en los tiempos de entrega, pues al definir la capacidad productiva del laboratorio, se puede plantear una política de tiempos de entrega, que permita dar respuesta certera a la demanda del laboratorio, evitando así disgustos por incumplimientos y aumentando la satisfacción del cliente por el servicio ofertado. De esta manera y sumando la solución que se plantea en la primera propuesta se tiene que el problema en mención se resuelve en un 60 %.

Por otro lado, de las otras causas asociadas a esta problemática, a sugerencia del autor, es importante intervenir el control de inventarios en el laboratorio, así mismo, la calibración de balanzas y tener un programa de mantenimiento de los equipos, para que no haya contratiempos en las entregas de las muestras.

#### 4.2.3. Plan de implementación de la definición de la capacidad

Para llevar a cabo esta propuesta, se plantea la necesidad de realizar visitas al laboratorio con el fin de realizar los estudios de tiempo respectivos a cada uno de los cuatro procesos a intervenir, una vez recopilada esta información, se dispondrá a documentarla y a realizar el análisis de capacidad. Para observar de una mejor manera, la forma como se lleva a cabo esta propuesta, se presenta la tabla 7, que describe de manera clara las actividades a ejecutar.

#### Tabla 6.

*Cronograma de actividades de la propuesta #2*

| Actividades  | Recursos   | Responsables                                 | Duración estimada |
|--|--|--|-------------------|
| Realizar visitas al laboratorio para realizar estudios de tiempo | Cronómetro, lápiz, papel, tiempo de los responsables | Autor del proyecto y técnico del laboratorio | 20 días           |

|                                    |  |                    |        |
|------------------------------------|--|--------------------|--------|
| Documentar los tiempos en digital  | Computador, tiempo del responsable           | Autor del proyecto | 3 días |
| Realizar los cálculos de capacidad | Internet, libros tiempo de los responsables. | Autor del proyecto | 20 día |
| Concluir                           | Internet, computador, tiempo del responsable | Autor del proyecto | 3 días |

### 4.3. Definición de costos

#### 4.3.1. *Objetivos*

- Determinar el costo para la producción de una muestra en los cuatro distintos procesos del Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas, esto con el fin de tener la base para definir los precios de venta y a su vez la utilidad operacional.

#### 4.3.2. *Problemática*

Esta propuesta da solución a la problemática evidenciada de la falta de control y definición de los costos de producir una muestra en los diferentes procesos, lo que imposibilita tomar decisiones en cuanto a la utilización de recursos en el Laboratorio. Por otro lado, aunque es posible fijar precios sin tener en cuenta los costos, tener definido estos valores soporta el precio de venta de los servicios ofertados; también, es importante para definir la utilidad operacional del laboratorio, esto permite tener una idea de la rentabilidad del laboratorio en cuanto a ingresos y egresos específicos.

#### 4.3.3. *Plan de implementación de la definición de costos*

Para implementar la propuesta en mención, es importante tener en cuenta la primera propuesta, pues teniendo los procesos estandarizados, es más fácil entender los parámetros

involucrados en los costos de cada proceso, para realizar todas las actividades que se describen en la tabla 8, se van a utilizar los manuales de procedimientos realizados en la estandarización.

**Tabla 7.**

*Cronograma de actividades propuesta #3*

| <b>Actividades</b>                                       | <b>Recursos</b>  | <b>Responsables</b> | <b>Duración estimada</b> |
|--|--|---------------------|--------------------------|
| Realizar un análisis de mano de obra                     | Históricos, computador, libros, tiempo de los responsables | Autor del proyecto  | 10 días                  |
| Realizar un análisis de materiales                       | Históricos, computador, libros, tiempo del responsable     | Autor del proyecto  | 15 días                  |
| Realizar un análisis de costos indirectos de fabricación | Históricos, computador, libros tiempo de los responsables. | Autor del proyecto  | 15 día                   |
| Determinar los costos                                    | Internet, computador, tiempo del responsable               | Autor del proyecto  | 5 días                   |

#### **4.4. Actualización de precios de venta**

##### **4.4.1. Objetivos**

- Analizar los diferentes métodos para fijar precios de venta y de esta manera, determinar el que se acomoda mejor a la estrategia y visión del laboratorio.
- Establecer propuestas de precios de venta para los cuatro servicios ofertados del Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas de la Universidad, con el fin que se pueda presentar cotizaciones a los clientes potenciales con precios competitivos y reales que traigan beneficio al Laboratorio.

#### **4.4.2. Problemática**

Con la implementación de esta propuesta, se busca solucionar la incertidumbre de la competitividad de los precios de venta actuales, debido a que llevan varios años manejando los mismos precios y no se sabe si son justos o acordes al mercado. Esto puede llevar, a generar menores utilidades, en el caso de ofertar servicios con un precio bajo, incluso pérdidas, cuando los costos superan los ingresos o en el caso contrario, no ser competitivos por manejar precios más elevados que la competencia.

Actualizar los precios de venta es urgente para medir la rentabilidad del laboratorio, lo mínimo sería que haya un retorno de la inversión al definir los costos y fijar los precios de venta de manera correcta; sin embargo, siempre se va a preferir que haya alguna utilidad que permita volver a invertir, dotar el laboratorio o utilizar estos recursos para beneficio de la Escuela. En cuanto a la utilidad, está sujeta al uso que se le da al laboratorio, debido a que en su mayoría es usado por la comunidad académica que no genera ingresos, ya sea por estudiantes o docentes; pero cuando se habla de proyectos o servicios con externos, se presenta un precio de venta que genera un ingreso directo.

#### **4.4.3. Plan de implementación de la actualización de los precios de venta**

Para la implementación de esta propuesta, es importante haber desarrollado la tercera, pues de ahí se va a partir para realizar un análisis de costos y ver si es el mejor método para fijar los precios. También se realiza un análisis de la competencia, que permite conocer los precios que manejan otros laboratorios que ofrecen los mismos servicios y observar que tanto podrían variar los precios a fijar para ser competitivos. Estas actividades, se pueden observar más a detalle en la tabla 9 que se presenta a continuación:

**Tabla 8.***Cronograma de actividades propuesta #4*

| <b>Actividades</b>                            | <b>Recursos</b>  | <b>Responsables</b> | <b>Duración estimada</b> |
|---|--|---------------------|--------------------------|
| Realizar un análisis de los costos            | Resultados propuesta 3, Computador, libros, tiempo de los responsables | Autor del proyecto  | 3 días                   |
| Realizar un análisis de la competencia        | Históricos, computador, libros, tiempo del responsable                 | Autor del proyecto  | 15 días                  |
| Establecer las propuestas de precios de venta | Internet, computador, tiempo del responsable                           | Autor del proyecto  | 1 día                    |

## **5. Implementación del plan de mejoramiento**

Este capítulo, corresponde al desarrollo de la etapa 3 de la metodología del proyecto y al cumplimiento del cuarto objetivo específico. Comprende un paso a paso detallado del plan de implementación formulado en el capítulo anterior con los respectivos resultados.

### **5.1. Estandarización de los procesos productivos**

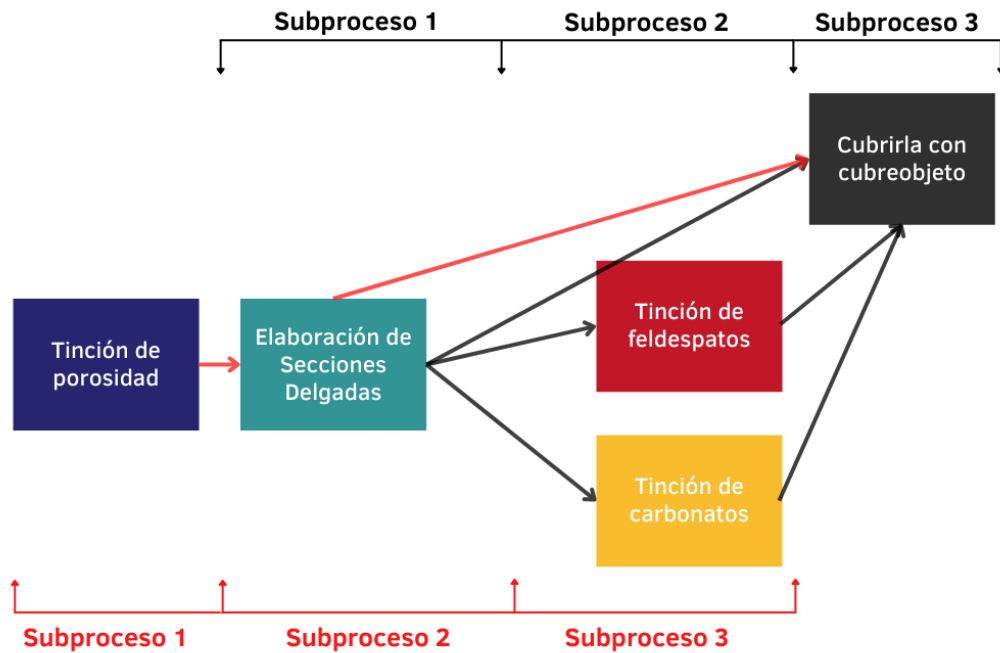
Para el desarrollo de esta propuesta, se buscó en internet normas correspondientes a los procesos de preparación de muestras geológicas que se llevan en el Laboratorio, en normas internacionales como ASTM International, International Organization for Standardization (ISO) y en United States Environmental Protection Agency (EPA); pero dicha información no se encontró; lo que había en materia estaba relacionado con el proceso posterior a la preparación de la muestra que es el análisis petrográfico. Por lo tanto, se procedió a buscar en internet, libros y en empresas,

una documentación de los procesos de preparación y a partir de lo encontrado, se planteó el diseño del método para posteriormente ser validado en el Laboratorio y poder estandarizarlo al demostrarse que es repetitivo y reproducible con la calidad deseada.

A partir de la búsqueda, se concluye que, en las fuentes mencionadas, no se describían los procesos de una manera detallada, si no que detallaban las operaciones principales y de más cuidado; por lo tanto, se diseñó los procedimientos teniendo en cuenta los procesos que lleva un prestigioso laboratorio llamado Spectrum Petrographics ubicado en Vancouver, Washington y según la experiencia del técnico. La empresa Spectrum maneja algunos procesos del Laboratorio y los realizan de una manera muy similar al trabajo del técnico (Johnson et al., n.d.), la diferencia está en la dotación pues manejan equipos distintos, en consecuencia, se adaptaron los procedimientos teniendo en cuenta las máquinas que tiene el Laboratorio.

Para la estandarización de los procesos, se identificó que hay un subproceso que es base y del cuál se parte para iniciar las siguientes operaciones, la única diferencia fue en el proceso de tinción de porosidad que tiene una variación significativa al inicio. El proceso base es la elaboración de la sección delgada, es decir, tener la muestra limpia y lista a 35 micras; a partir de ese punto, se puede realizar la tinción de carbonato, tinción de feldespatos o simplemente se cubre la muestra (ver figura 7). También, se observó que se puede hacer la tinción de feldespatos y de carbonato juntas, entonces, primero se realiza el proceso completo para hacer tinción de feldespatos y al resultado se le realiza únicamente el paso del ataque químico en carbonato.

A partir de la identificación mencionada, se procedió a estandarizar este subproceso 1 que es base y después estandarizar el subproceso 2 para completar cada uno de los procesos, así como se muestra en la figura 7.

**Figura 6.***Procesos del laboratorio*

En la figura 7, se puede observar que el proceso que es distinto, es decir, que no parte de la elaboración de la sección delgada, es la tinción de porosidad (líneas en rojo), pues inicia con un subproceso 1 distinto y después sigue los otros subprocesos que ya han sido estandarizados.

### ***5.1.1. Estandarización del proceso de elaboración de sección delgada con cubreobjetos***

**5.1.1.1. Estandarización del subproceso de elaboración de secciones delgadas.** El subproceso fue estandarizado como se mencionó anteriormente, la actividad posterior fue la validación del procedimiento, para esto se realizaron catorce muestras distintas siguiendo paso a paso el método. Los resultados más significativos y que permiten validar el proceso son:

- El subproceso cuenta con veintiocho operaciones, de las cuales en la validación se tuvo que realizar 6 reprocesos para las catorce muestras.
- En la operación 12, se estaba cortando la roca en la pulidora y 2 muestras se soltaron del portamuestra, aunque se realizó correctamente la operación de pegado; para estas en específico, se observó que la naturaleza de la muestra al entrar en contacto con la hoja de la cortadora se encogió, lo que produjo que se soltara. Otra muestra, fracturó el portamuestra por la misma razón.
- En la operación 15, se estaba cortando y puliendo nuevamente las muestras y una de las que ya había presentado problema en la operación 12, fracturó el vidrio por segunda vez, se tuvo que hacer un reproceso de despegar la muestra y volverla a pegar al portamuestra; la causa de este reproceso se debe a la naturaleza de la muestra.
- En la revisión 2, se estaba verificando la cantidad de poros en la muestra, y se observó que aún tenía poros, por lo tanto, se realizó un reproceso de volver a curar la muestra; aunque se estandarizó la cantidad de resina por muestra, se observa que algunas muestras son más porosas que otras, por lo tanto, necesitan más cantidad.

- En la operación 20, se estaba puliendo la misma muestra y se observó que se había fracturado nuevamente el vidrio, por lo tanto y para agilizar, se realizó un reproceso de pegar otro portamuestra por el lado pulido y después pulir por el lado del vidrio fracturado; esta muestra resultó no ser tan flexible y trabajable, por lo tanto, presento inconvenientes.
- El subproceso cuenta con 6 revisiones, las cuales son necesarias para garantizar la calidad de la muestra a entregar, de otra manera, se tendría que realizar más reprocesos, pues todas las muestras no se comportan de la misma manera, por lo tanto, requiere que se esté verificando su estado constantemente.
- El subproceso cuenta con diez esperas, en las cuales se sugiere que el técnico se encargue de actividades de limpieza de los equipos usados, administrativas o adelantar en lo posible la operación siguiente.
- El subproceso tiene veinte transportes de distancia corta, se consideró ponerlo para tener una mayor ilustración del paso a paso en el laboratorio. La distancia más larga que recorre el técnico en el laboratorio es de aproximadamente 8,8 metros.

**5.1.1.2. Estandarización del subproceso de cubrir la muestra con el cubreobjeto.** La validación del subproceso en mención se realizó a partir del análisis de preparar catorce muestras, donde no se presentó ningún inconveniente. El subproceso cuenta con 5 operaciones, una revisión, ningún transporte y ninguna espera.

La unión de estos dos subprocesos anteriormente mencionados es el resultado de la estandarización del proceso de elaboración de secciones delgadas con cubreobjeto (ver Apéndice 5). En total, este proceso cuenta con treinta y tres operaciones, 7 revisiones, diez esperas y veinte transportes. De la validación, se puede decir, que los reprocesos realizados, representan un 1,3% del total de operaciones realizadas y la causa se debe a la naturaleza de la muestra; por lo tanto, considerando este porcentaje bajo, se valida el método planteado y se estandariza el proceso.

### ***5.1.2. Estandarización del proceso de tinción de carbonatos***

Con los subprocesos de elaboración de secciones delgadas y el de cubrir la muestra con el cubreobjeto estandarizados anteriormente, se procede a validar el subproceso de tinción de carbonatos, el cual consiste en el ataque químico con la solución de tinción de carbonatos compuesta de agua, ácido clorhídrico, ferricianuro potásico y rojo de alizarina. El subproceso tiene 4 operaciones, 2 esperas, 2 transportes y ninguna revisión. Para la respectiva validación, se realizó el análisis a la preparación de catorce muestras, de las cuales ninguna tuvo que ser reprocesada en ninguna de las operaciones.

Este proceso está compuesto de la unión de los tres subprocesos mencionados, primero se realiza la elaboración de secciones delgadas, luego la tinción por carbonatos y finalmente se cubre con el cubreobjeto. Como ya se tenía los otros dos subprocesos estandarizados y como en este subproceso no se obtuvo reprocesos ni fallas de calidad, se validó el método y se estandarizó el proceso (Ver Apéndice 6). En total, el proceso contiene treinta y siete operaciones, 7 revisiones, doce esperas y veintitrés transportes internos.

### **5.1.3. Estandarización del proceso de tinción de feldespatos**

Este proceso también comprende los subprocesos de elaboración de sección delgada y cubrirla con cubreobjeto, el subproceso intermedio es el de ataque químico con la tinción de feldespatos; aquí también se expone la muestra a los vapores del ácido fluorhídrico. Este subproceso, aunque es de mucho cuidado y requiere concentración, es muy sencillo, por lo tanto, se validó analizando catorce preparaciones de muestras y no se obtuvo ningún reproceso ni inconveniente asociado a la calidad de la muestra. El subproceso consta de 5 operaciones, 3 esperas, 2 transportes y ninguna revisión.

El proceso de tinción de feldespatos es la unión de los tres subprocesos ya mencionados, primero se realiza la sección delgada, luego se realiza la tinción y, por último, se procede a cubrir la muestra con el cubreobjeto. Como en la validación no se presentó ningún reproceso, se procede a estandarizar el proceso, teniendo así, en total, treinta y ocho operaciones, 7 revisiones, trece esperas y veintitrés transportes (Ver Apéndice 7).

### **5.1.4. Estandarización del proceso de tinción de porosidad**

Este proceso tiene diferencias significativas al inicio del proceso, es por esto, que el subproceso 1 tiene que ver con todo lo relacionado a la tinción de porosidad, luego se realiza la sección delgada como se viene haciendo antes y por último se procede a cubrirla. Entonces, en este caso, se estandarizó este primer subproceso que es el que no se había tratado hasta el momento; para esto, se procedió a validar el método a partir del análisis de preparar catorce muestras, donde no se observaron reprocesos. El método comprende diez operaciones, 3 esperas y 3 transportes. A partir del resultado de la validación, se procede a estandarizar el proceso (Ver Apéndice 8).

Resultado de la estandarización de los procesos del Laboratorio, se realizaron cuatro manuales de procedimientos (uno por cada proceso analizado), los cuales fueron validados en el Laboratorio, revisados por el técnico presencialmente y aprobados por el líder encargado de manera virtual. Para concluir, se puede decir que los reprocesos en el Laboratorio representaron aproximadamente 5,2% en los 4 procesos analizados (1,3% cada uno), a diferencia del 20% que se observó en el diagnóstico inicial del Laboratorio.

## **5.2. Definición de la capacidad del Laboratorio**

Para realizar la definición de capacidad del Laboratorio, fue necesario hacer un estudio de tiempos de los procesos que se estaban analizando. Por lo tanto, como trabajo previo, fue vital dividir las actividades que se realizan para la preparación de las muestras, dicho trabajo ya se había realizado en la estandarización, por consiguiente, se inició con una premuestra para definir la muestra significativa de dicho estudio.

Tanto para la premuestra, como para el estudio de tiempos, se tomó de guía el libro de *Métodos, estándares y diseño del trabajo*, el cual, de manera detallada, explica como realizar la toma de los datos y el análisis posterior (Niebel & Freivalds, 2009). Para la premuestra, se tomaron tiempos de 5 ciclos, donde cada ciclo corresponde a una muestra preparada en el Laboratorio excluyendo los tiempos de espera. Con apoyo de un cronometro, un celular para obtener un video registro de los procesos y un computador se obtuvo los tiempos pertenecientes a la premuestra y los cuales fueron analizados según la formula estadística de *número de observaciones* del libro de *Niebel* y la tabla de *General Electric Company*, de la siguiente manera:

**Figura 7.***Número recomendado de ciclos*

| Tiempo de ciclo (minutos) | Número recomendado de ciclos |
|---------------------------|------------------------------|
| 0.10                      | 200                          |
| 0.25                      | 100                          |
| 0.50                      | 60                           |
| 0.75                      | 40                           |
| 1.00                      | 30                           |
| 2.00                      | 20                           |
| 2.00-5.00                 | 15                           |
| 5.00-10.00                | 10                           |
| 10.00-20.00               | 8                            |
| 20.00-40.00               | 5                            |
| 40.00 o más               | 3                            |

*Nota.* Tomado del libro “Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo” (Niebel & Freivalds, 2009)

Esta tabla nos indica cuantos ciclos son recomendados dependiendo del tiempo ciclo de la muestra, por ejemplo, si el tiempo ciclo se encuentra en el rango de 2 a 5 minutos, es conveniente realizar quince ciclos para que el estudio sea significativo. Por otro lado, está el método estadístico para determinar el número de observaciones que se deben realizar y se rige a partir de la siguiente fórmula:

$$n = \left( \frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2$$

Donde t, corresponde a la distribución t, k, es una fracción aceptable de  $\bar{x}$ , para este caso se definió un error aceptado del 5%,  $\bar{x}$ , es el tiempo promedio que se midió en la muestra y n, es el número de observaciones a registrar en el estudio de tiempos.

S, es la desviación estándar y se calcula de la siguiente fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

En este caso,  $n$ , corresponde al número de observaciones tomadas en la muestra, que para el presente estudio fue de 5.

Luego de tener definido el número de observaciones, se procedió a registrar los tiempos del estudio para seguir con el respectivo análisis de capacidad.

Al mismo tiempo que se registraba cada tiempo del estudio, se realizó la valoración del ritmo de trabajo del trabajador, se optó por realizar una calificación de la velocidad, teniendo en cuenta un desempeño estándar, el cual fue observado durante la etapa de estandarización. Para dar la respectiva calificación, se tuvo en cuenta la figura 9:

### Figura 8.

#### *Guía para calificación de ritmo de trabajo*

| Calificación | Puntos ancla verbales                |
|--------------|--------------------------------------|
| 0            | Sin actividad                        |
| 67           | Muy lento, torpe                     |
| 100          | Estable, deliberado                  |
| 133          | Activo, negociante                   |
| 167          | Muy rápido, alto grado de destreza   |
| 200          | Límite superior por un periodo corto |

*Nota.* Tomado del libro “Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo” (Niegel & Freivalds, 2009)

De esta manera, calificar una operación con un porcentaje superior a 100%, significa que el trabajador realizó dicha actividad de una manera rápida, y si la calificación es por debajo de 100%, quiere decir que se demoró más del estándar y que podría hacerlo más rápido; así, se buscó aproximar los tiempos a un ritmo de trabajo constante, por lo tanto, el resultado de multiplicar el tiempo observado y las valoraciones promedio de los ciclos es el tiempo normal.

Luego, se procedió a obtener el tiempo asignado, el cual corresponde al tiempo normal sumado con los suplementos. “Un suplemento es el tiempo que se concede al trabajador con objeto

de compensar los retrasos, las demoras y los elementos contingentes que son partes regulares de la tarea” (García, 2005). Se asignó el respectivo porcentaje del suplemento, analizando una a una las operaciones y los casos que se pudieron presentar, según lo indica la figura 10:

**Figura 9.**

*Asignación de suplementos*

| Instituto de administración científica de las empresas                                   |  |         |          |   |
|--|--|---------|----------|---|
| Curso de "Técnicas de organización"  |  |         |          |   |
| Ejemplo de un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales |  |         |          |   |
| <b>1. suplementos constantes</b>   |  | Hombres | Mujeres  | <i>e) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de - suplemento</i> |
| Suplementos por necesidades personales   |  | 5       | 7        | Kata (milicalorías/cm <sup>2</sup> /segundo)  |
| Suplementos base por fatiga  |  | 4       | 4        | 16  |
|  |  |         |          | 14  |
|  |  |         |          | 12  |
|  |  |         |          | 10  |
| <b>2. Suplementos variables</b>  |  | Hombres | Mujeres  | 8   |
| <i>a) Suplemento por trabajar de pie</i>   |  | 2       | 4        | 6   |
|  |  |         |          | 5   |
| <i>b) Suplemento por postura anormal</i>   |  |         |          | 4   |
| ligeramente incómoda   |  | 0       | 1        | 3   |
| Incómoda (inclinado)   |  | 2       | 3        | 2   |
| Muy incómoda (echado, estirado)  |  | 7       | 7        | 100   |
| <i>c) Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o</i>                   |  |         |          | <i>f) Concentración intensa</i>   |
| Peso levantado por kilogramo   |  | Hombres | Mujeres  | Trabajos de cierta precisión  |
| 2,5  |  | 0       | 2        | Trabajos de precisión o fatigosos   |
| 5  |  | 1       | 2        | Trabajos de gran precisión o muy fatigosos  |
| 7,5  |  | 2       | 3        | Trabajos de gran precisión o muy fatigosos  |
| 10   |  | 3       | 4        | Trabajos de gran precisión o muy fatigosos  |
| 12,5   |  | 4       | 6        | Trabajos de gran precisión o muy fatigosos  |
| 15   |  | 5       | 8        | Trabajos de gran precisión o muy fatigosos  |
| 17,5   |  | 7       | 10       | Trabajos de gran precisión o muy fatigosos  |
| 20   |  | 9       | 13       | Trabajos de gran precisión o muy fatigosos  |
| 22,5   |  | 11      | 16       | Trabajos de gran precisión o muy fatigosos  |
| 25   |  | 13      | 20 (máx) | Trabajos de gran precisión o muy fatigosos  |
| 30   |  | 17      | -        | Trabajos de gran precisión o muy fatigosos  |
| 33,5   |  | 22      | -        | Trabajos de gran precisión o muy fatigosos  |
| <i>d) Mala iluminación</i>   |  | Hombres | Mujeres  | <i>g) Ruido</i>   |
| Ligeramente por debajo de la potencia calculada  |  | 0       | 0        | Continuo  |
| Bastante por debajo  |  | 2       | 2        | Intermitente y fuerte   |
| Absolutamente insuficiente   |  | 5       | 5        | Intermitente y muy fuerte   |
|  |  |         |          | Estridente y fuerte   |
|  |  |         |          | <i>h) Tensión mental</i>  |
|  |  |         |          | Proceso bastante complejo   |
|  |  |         |          | Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos   |
|  |  |         |          | Muy complejo  |
|  |  |         |          | <i>i) Monotonía</i>   |
|  |  |         |          | Trabaja algo monótono   |
|  |  |         |          | Trabajo bastante monótono   |
|  |  |         |          | Trabajo muy monótono  |
|  |  |         |          | <i>j) Tédio</i>   |
|  |  |         |          | Trabajo algo aburrido   |
|  |  |         |          | Trabajo aburrido  |
|  |  |         |          | Trabajo muy aburrido  |

Fuente: Tomado del libro “Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo” (García, 2005)

Finalmente, se obtuvo el tiempo tipo sumando los elementos causales o contingencias, las cuales corresponden a los elementos que pueden presentarse en la ejecución de las operaciones, como las demoras inevitables (interrupciones, irregularidades en los materiales, demoras por

interferencia). Para el presente estudio, se consideró un 5% de contingencia para los cuatro procesos que se están analizando, debido a que se observaron pocas demoras inevitables.

### 5.2.1. Capacidad del proceso de elaboración de sección delgada con cubreobjetos

Para este proceso, se obtuvo una premuestra correspondiente a la preparación de una sección delgada con cubreobjeto como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 9.**

*Premuestra SD con cubreobjeto*

| N° Ciclo        | Xi (min)          |
|-----------------|-------------------|
| 1               | 54,8065           |
| 2               | 60,9001667        |
| 3               | 58,7713333        |
| 4               | 58,3237433        |
| 5               | 57,177982         |
| <b>Promedio</b> | <b>57,9959451</b> |

Según la tabla de General Electrics Company, la cantidad de ciclos representativos son 3, por otro lado, el método estadístico dice que el número de observaciones debe ser de 5, por lo tanto, los datos de la premuestra son lo suficientemente representativos para el estudio de tiempos.

Los suplementos asignados corresponden a los constantes (9) por necesidades personales y fatiga, por trabajar de pie en todas las operaciones, postura anormal en algunas (2), ciertas operaciones requieren más concentración (5) que otras (2), el ruido se genera únicamente en 5 operaciones (2), tensión mental solo para algunas operaciones (2), y, por último, monotonía y tedio en todas las operaciones (2).

Finalmente, como producto de los respectivos cálculos, se obtuvo el tiempo tipo del estudio que fue de 914,82 minutos, lo que corresponde a quince horas con catorce minutos aproximadamente, es decir, casi dos jornadas de trabajo de 8 horas, para realizar una sola muestra. Este tiempo resulta extenso por los tiempos de espera que son de 238,6 minutos del total, por lo tanto, se trabaja por lotes y así, todas las muestras del lote manejarían la misma espera al tiempo, por consiguiente, la capacidad después de la primera muestra sería de 1 muestra en 76,45 minutos.

Ahora, en el proceso se observa que hay una espera de 8 horas, para que el proceso sea más productivo, esta espera debe ser en tiempos no productivos, es decir, fuera del horario laboral del técnico, por lo tanto, al finalizar la jornada se dejan las muestras pegando; entonces, resulta útil dividir la capacidad por jornadas de trabajo. Las operaciones previas a la espera toman un tiempo tipo de 211,01 minutos para la primera muestra (contando las esperas) y 17,58 minutos para las siguientes, por lo tanto, se tendrían dieciséis muestras en 474,71 minutos para la primera jornada, lo cual corresponde a realizar 2,022 muestras/hora.

Para la segunda jornada, se tiene que las operaciones posteriores a la espera son de 107,88 minutos para la primera muestra y 62,71 minutos para las siguientes, entonces, se plantea una capacidad para la jornada 2 de 7 muestras en 457,27 minutos, lo que corresponde a 0,9184 muestras por hora.

Ahora, como el procedimiento que se realiza en la jornada 2 es el procedente de lo realizado en la 1, se tiene un cuello de botella en la jornada 2 que solo está permitiendo producir 7 muestras en las dos jornadas y quedarían 9 muestras en proceso, a la espera de realizar las operaciones de la jornada 2 (Ver Apéndice 9). También, se puede decir, que el Laboratorio tiene la capacidad de producir catorce muestras por 3 jornadas, dejando 2 muestras en proceso. Por lo tanto, se fija la capacidad de la unión de estas tres jornadas como 0,604 muestras por hora.

La siguiente tabla muestra un resumen de las capacidades halladas para el proceso analizado:

**Tabla 10.**

*Resumen de capacidades proceso 1*

| <b>Jornada</b> | <b>Capacidad</b> | <b>Unidades</b> |
|----------------|------------------|-----------------|
| <b>1</b>       | 2,0222644        | muestras/hora   |
| <b>2</b>       | 0,91847559       | muestras/hora   |
| <b>3</b>       | 0,91847559       | muestras/hora   |
| <b>Unión</b>   | 0,60463224       | muestras/hora   |

### 5.2.2. Capacidad del proceso de tinción de carbonatos

**Tabla 11.**

*Datos de la premuestra proceso 2*

| <b>N° Ciclos</b> | <b>Xi (min)</b> |
|------------------|-----------------|
| 1                | 57,0126667      |
| 2                | 60,79167        |
| 3                | 58,8241667      |
| 4                | 57,7980767      |
| 5                | 58,867149       |
| Promedio         | 58,6587458      |

A partir de los resultados mostrados en la tabla anterior, se pudo calcular que según General Electric, lo ideal sería obtener 3 ciclos, mientras que el método estadístico arrojó que el número de observaciones significativo sería de 1,8 (Ver Apéndice 10); es decir, menos del número de la premuestra. Por lo tanto, se decidió fijar los datos ya registrados para realizar el respectivo estudio.

Este estudio incluye los mismos suplementos que el proceso anterior pues las condiciones del técnico son las mismas, en este caso, para las operaciones adicionales se agregó los respectivos porcentajes según correspondiera, variando un poco respecto a la monotonía pues estas actividades no resultan ser tan monótonas.

Después de realizar los cálculos del estudio de tiempos, se obtuvo un tiempo tipo de 935,31 para la elaboración de una sola muestra. En este caso, también se registró un tiempo de espera de 8 horas por la operación de pegado del portamuestras, entonces, se decidió definir tres capacidades como se muestra a continuación:

**Tabla 12.**

*Capacidades proceso 2*

| <b>Jornada</b> | <b>Capacidad</b> | <b>Unidades</b> |
|----------------|------------------|-----------------|
| <b>1</b>       | 2,00019893       | muestras/hora   |
| <b>2</b>       | 0,82724875       | muestras/hora   |
| <b>3</b>       | 0,82724875       | muestras/hora   |
| <b>Unión</b>   | 0,53321202       | muestras/hora   |

Como se expone en la tabla, en la primera jornada es posible realizar 2 muestras cada hora, lo que quiere decir que, por turno, se trabajan dieciséis muestras solo por las operaciones previas al pegado del portamuestra, en otras palabras, al tiempo de espera de ocho horas. En el siguiente día de trabajo que son las operaciones posteriores, se tiene una capacidad de 0,827 muestras por hora, lo que corresponde a realizar y terminar 6 muestras. Aquí, se puede observar que hay un cuello de botellas, donde de 16 solo se pudieron terminar seis, por lo que tendría 10 muestras en proceso, por lo tanto, en la siguiente jornada, se realizarán las mismas operaciones del día anterior, pero en otras seis muestras, de esta manera, se podrían producir 12 muestras en 3 días de trabajo

y quedarían 4 en proceso. La unión de estas tres jornadas me da una capacidad de 0,53 muestras por hora (Ver Apéndice 10).

### 5.2.3. Capacidad del proceso de tinción de feldespatos

Este proceso es muy parecido al anterior, por lo tanto, el procedimiento que se realizó en el Laboratorio es muy similar. En este caso, se obtuvo una premuestra con los siguientes datos:

**Tabla 13.**

*Datos de la premuestra proceso 3*

| N° Ciclos       | Xi                |
|-----------------|-------------------|
| 1               | 58,0608333        |
| 2               | 63,7366667        |
| 3               | 61,8321667        |
| 4               | 60,7780767        |
| 5               | 59,8256487        |
| <b>Promedio</b> | <b>60,8466784</b> |

Lo que quiere decir que, según la tabla de General Electric, los ciclos representativos corresponden a 3, mientras que por el método estadístico se deben realizar 4 observaciones (Ver Apéndice 11), por lo tanto, los datos de la premuestra se consideran representativos para el estudio de tiempos.

Por otro lado, en las operaciones adicionales, se tiene que no todo el tiempo se trabaja de pie, por lo tanto, los suplementos varían un poco de los otros dos estudios.

El tiempo tipo obtenido es de 928,94 minutos para realizar una sola muestra. Por lo tanto, se hace el análisis como se realizó en los dos procesos mencionados, trabajando en lotes y

dividiendo las operaciones en dos jornadas debido al tiempo de espera que se tiene de 8 horas; y los resultados son los siguientes:

**Tabla 14.**

*Capacidades proceso 3*

| <b>Jornada</b> | <b>Capacidad</b> | <b>Unidades</b> |
|----------------|------------------|-----------------|
| 1              | 2,0222644        | muestras/hora   |
| 2              | 0,83611183       | muestras/hora   |
| 3              | 0,83611183       | muestras/hora   |
| Unión          | 0,53898501       | muestras/hora   |

Estas capacidades resultan similares a las del proceso anterior por su semejanza en las operaciones. En este caso, se obtuvo que el primer día se pueden realizar 8 muestras y el segundo y tercer día 6 muestras, por lo tanto, se tiene un cuello de botella en la jornada dos que no permite realizar más de seis y deja 10 muestras en proceso; por consiguiente, en la jornada 3, se realizan las mismas operaciones de la 2 para poder producir 12 muestras en los 3 días, teniendo así, una capacidad total de 0,5 muestras por hora (Ver Apéndice 11).

#### **5.2.4. Capacidad del proceso de tinción de porosidad**

**Tabla 15.**

*Datos de la premuestra proceso 3*

| <b>N° Ciclos</b> | <b>Xi</b>  |
|------------------|------------|
| 1                | 54,7453333 |
| 2                | 59,4231667 |
| 3                | 56,6148333 |
| 4                | 56,86391   |
| 5                | 55,2663153 |

|          |            |
|----------|------------|
| Promedio | 56,5827117 |
|----------|------------|

La información anterior, nos indica que según la tabla de General Electric's Company, los ciclos del estudio deben ser de 3, como los procesos anteriores, mientras que, por el método estadístico, se tiene que el número de observaciones representativo son de 4 (Ver Apéndice 12), como este número resulta ser menor a las observaciones tomadas en la premuestra, se considera que los datos ya registrados son significativos para el estudio.

Como este proceso es un poco diferente a los otros tres, los suplementos varían en cuanto a los porcentajes de cada uno, pero el procedimiento de la asignación es igual.

Seguido a los suplementos, se obtuvo el tiempo tipo, el cual corresponde a 1753,3 minutos para una sola muestra. En comparación con los otros procesos, este representa el tiempo tipo mayor y esto se debe a que hay dos tiempos de espera extensos, uno corresponde al de secado de 12 horas posterior a la impregnación en core hoder y el segundo tiempo es de 8 horas correspondiente al pegado del portamuestra, que es el mismo de los otros procesos. Por lo tanto, es importante, dividir las operaciones en 3 jornadas, con el fin de que estas esperas se realicen al finalizar las horas laborales del técnico; de esta manera, las capacidades obtenidas son:

**Tabla 16.**

*Capacidades proceso 3*

| Jornada | Capacidad  | Unidades      |
|---------|------------|---------------|
| 1       | 17,5730008 | muestras/hora |
| 2       | 3,66498258 | muestras/hora |
| 3       | 0,93061994 | muestras/hora |
| Unión   | 0,29912792 | muestras/hora |

En este proceso, se encontró unas grandes diferencias de capacidades entre las jornadas, siendo así, que en la primera jornada se pueden realizar 140 muestras por día, debido a que las operaciones previas a esta espera de 12 horas son muy pocas lo que permite procesar más muestras en toda la jornada.

Luego del primer día, se tiene una capacidad de procesar veintinueve muestras en la jornada por las operaciones procedentes de la primera espera, lo que dejarían 111 muestras en proceso. Para la tercera jornada, se tiene una capacidad de terminar 7 muestras, dejando 22 muestras en proceso más las 111 muestras de las operaciones de la jornada 1.

En unión de las tres jornadas, se tiene 0,299 muestras por hora (Ver Apéndice 12). Viendo el panorama, se puede decir, que se tiene un recurso restrictivo en la jornada 2 que solo permite procesar 29 muestras y un cuello de botella en la jornada 3 que da paso a terminar únicamente 7. En este caso, se recomienda al técnico que, si no hay tanta demanda, se realice las operaciones de la primera jornada en las esperas de otros procesos, pues como son pocas las operaciones que se realizan, con dos esperas del horno que son de 30 minutos, se pueden procesar 17,5 muestras.

Como resultado de la definición de capacidades, se elaboró un libro en Excel que permite establecer un tiempo de entrega acorde con el ritmo de trabajo del técnico del Laboratorio y sus condiciones laborales; de esta manera, se buscó eliminar por completo el problema presentado de incumplimiento en los tiempos de entrega pues no se tenía la certeza de cuando se podía entregar una muestra solicitada al Laboratorio. El libro resulta útil para adjuntar esta información en las cotizaciones que requieren los clientes, así, ellos pueden tomar decisiones dependiendo de su urgencia y se evitarán mal entendidos o inconformidades por incumplimientos, pues desde el primer contacto se le está informado un tiempo de entrega real y acorde con la capacidad del

Laboratorio. Esta plantilla fue revisada por el Técnico del Laboratorio y posteriormente aprobada por el encargado.

De esta manera, se da por terminado la definición de capacidades en el Laboratorio y con el libro producto de esta propuesta, la eliminación del problema de incumplimientos en los tiempos de entrega.

### **5.3. Definición de costos del Laboratorio**

Esta propuesta se basa en definir los costos del Laboratorio para la elaboración de una sección delgada por cada uno de los procesos analizados, para esto, se tuvo en cuenta los tres elementos fundamentales que integran un costo: la mano de obra directa, materiales directos y costos indirectos de fabricación en donde se incluyó la depreciación de los activos, materiales indirectos, la mano de obra indirecta y costos servicios públicos.

#### **5.3.1. Costos de mano de obra (MOD)**

Para definir los costos de mano de obra del Laboratorio, se decidió clasificarlos según el tipo, ya sea directo o indirecto. Para los directos, se tuvo en cuenta el salario del técnico que es el único que realiza las actividades productivas y para los indirectos el del líder del Laboratorio el cual destina 8 horas mensuales para supervisar la gestión y tomar decisiones. Adicional, para los dos tipos, se tuvo en cuenta como lo menciona Pabón (2010) “los pagos obligatorios por ley como los otros beneficios que le paga al empleado (beneficios extralegales) que hacen parte del contrato de trabajo” (p. 141).

Para obtener la información mencionada de la mano de obra directa, correspondiente al técnico Luis Fernando Anaya, se recurrió a los sistemas de información de la Universidad,

accediendo a intranet y descargando el archivo nombrado “*PROYECCIÓN DE PRESUPUESTO PARA PLANTA TEMPORAL 2023*” (Ver Apéndice 13) el cual es un documento en Excel facilitado por la división de Gestión de Talento Humano, donde se puede observar el salario base del técnico dependiendo el cargo que desempeñe, en este caso Luis es *Técnico de Soporte Académico B – Laboratorio de Ingenierías* correspondiente al ID cargo 7. A partir de esto, la Universidad asigna una clase salarial para calcular los valores que se suman al rubro, específicamente son: subsidio de transporte, subsidio de alimentación, subsidio familiar, BSP (Bonificación por servicios prestados), prima de servicios, prima de vacaciones, prima de navidad, vacaciones, cesantías, intereses sobre las cesantías, ICBF, salud, pensiones, riesgos y SST (seguridad y salud en el trabajo).

**Tabla 17.**

*Cálculos costo mano de obra directa*

| RUBRO              | VALOR           | FORMULA    | RUBRO                   | VALOR           | FORMULA   |
|--------------------|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|---|
| <b>SUELDO 2022</b> | \$<br>1.946.430 | <i>UIS</i> | VACACIONES<br>(DICIEM.) | \$<br>1.846.669 | <i>(Salario +<br/>(aux trans +<br/>sub alimen +<br/>BSP + prima<br/>serv) / 12)*<br/>50%)*1,4</i>                   |
| <b>SUELDO 2023</b> | \$<br>2.257.859 | <i>UIS</i> | CESANTÍAS<br>(DICIEM)   | \$<br>2.977.021 | <i>(Salario +<br/>(aux trans +<br/>sub alimen +<br/>BSP + prima<br/>serv + prima<br/>vac + prima<br/>nav) / 12)</i> |

|                                   |               |  |                               |              |  |
|-----------------------------------|---------------|--|-------------------------------|--------------|--|
| <b>TOTAL SUELDOS</b>              | \$ 27.094.306 | <i>Sueldo 2023 * 12 meses</i>                          | INTERESES CESANTÍAS (DICIEM.) | \$ 357.243   | Cesantías * 0,12   |
| <b>SUBSIDIO TRANSPORTE</b>        | \$ 1.631.034  | \$135.919,52 * 12 meses                                | ICBF                          | \$ 956.200   | <i>(Total Sueldos + BSP + prima serv + vac dic) * 3%</i> |
| <b>SUBSIDIO ALIMENTACIÓN</b>      | \$ 1.012.666  | \$84.388,84 * 12 meses                                 | SALUD                         | \$ 2.527.200 | <i>(Total Sueldos + BSP + vac dic) * 8,5%</i>            |
| <b>SUBSIDIO FAMILIAR</b>          | \$ 2.668.464  | \$44.474,4 * N° hijos * 12 meses                       | PENSIONES                     | \$ 3.567.800 | <i>(Total Sueldos + BSP + vac dic) * 12%</i>             |
| <b>BSP</b>                        | \$ 790.251    | 35%  | RIESGOS                       | \$ 679.300   | <i>(Total Sueldos + BSP) * 2,436%</i>                    |
| <b>PRIMA SERVICIOS (JUNIO)</b>    | \$ 1.128.929  | 50%  | DOTACIÓN                      | \$ -         |  |
| <b>PRIMA VACACIONES (DICIEM.)</b> | \$ 1.319.049  | <i>(Salario + aux trans + sub alimen + BSP + prima</i> | SST                           | \$ 1.849.000 | UIS  |

|                  |           |                     |              |            |
|------------------|-----------|---------------------|--------------|------------|
|                  |           | <i>serv)/</i>       |              |            |
|                  |           | <i>12)*50%</i>      |              |            |
|                  |           | <i>Salario +</i>    |              |            |
|                  |           | <i>(aux trans +</i> |              |            |
| <b>PRIMA</b>     | \$        | <i>sub alimen +</i> | <b>TOTAL</b> | \$         |
| <b>NAVIDAD</b>   | 2.748.020 | <i>BSP + prima</i>  |              | 53.153.152 |
| <b>(DICIEM.)</b> |           | <i>serv + prima</i> |              |            |
|                  |           | <i>vac) / 12)</i>   |              |            |

En la tabla 18, se muestra la forma en que se calculó cada rubro que paga la universidad por el trabajador, lo que da como resultado un total de \$53.153.152 anuales; este total, se divide en 12 para obtener el costo mensual que es de \$4.429.429 y así mismo, se divide en 20 días que es en promedio los días productivos del Técnico, esto para conseguir el costo diario que dio \$221.471. Luego a partir de la capacidad hallada y del costo diario se pudo obtener el costo de mano de obra directa que se cargará a cada proceso de la siguiente manera:

**Tabla 18.**

*Costo por proceso*

| <b>PRODUCTO</b>        | <b>Capacidad</b> | <b>Unidad</b> | <b>Costo</b> |
|------------------------|------------------|---------------|--------------|
| SD Cubreobjeto         | 4,666666667      | muestras/día  | \$ 47.458,17 |
| Tinción de carbonato   | 4                | muestras/día  | \$ 55.368    |
| Tinción de feldespatos | 4                | muestras/día  | \$ 55.368    |
| Tinción de porosidad   | 4,2              | muestras/día  | \$ 52.731    |

Como se puede observar en la tabla anterior, se dividió el costo de mano de obra diaria (\$221.471) en las muestras que se pueden sacar por día (capacidad), de esta manera, se obtiene el valor del costo de mano de obra directa por hacer una muestra en los cuatro diferentes procesos.

Como el costo correspondiente a la mano de obra del líder del Laboratorio es indirecto, se carga en los costos indirectos de fabricación (CIF), por lo tanto, el único costo perteneciente a este rubro sería el presentado.

### ***5.3.2. Costo de materiales directos***

El análisis de este rubro inició con la consulta en los sistemas de información financiera de la Universidad con la colaboración de la profesional de compras de la Escuela de Geología; en esta revisión, se encontró que el Laboratorio no ha adquirido materiales, elementos o consumibles desde que se hizo la inversión para la creación del Laboratorio hace cinco años, por lo tanto, se vio la necesidad de actualizar los precios de compra mediante un análisis de proveedores. Para esto, se realizó solicitudes de cotizaciones a las empresas a las cuales le hicieron la compra inicial y también a posibles proveedores quienes venden los mismos materiales en los parámetros necesitados.

En la estandarización de los procesos, se observó los materiales y las cantidades necesarias para el procesamiento de una muestra en el Laboratorio, entonces antes de realizar las solicitudes de cotización, se hizo una ficha técnica del producto terminado en cada uno de los servicios ofertados, para saber qué materiales se repiten en los diferentes procesos y cuáles son los materiales que se deben cotizar, la marca y la referencia específica de cada uno de ellos, obteniendo un consolidado como se muestra a continuación:

**Tabla 19.***Materiales necesarios para los procesos*

| <b>PRODUCTO</b>              | <b>Referencia</b>                                     | <b>Presentación</b> |
|------------------------------|---|---------------------|
| Resina Epoxica               | 3610AA Sintepox                                       | 20 Kg               |
| Endurecedor o<br>Catalizador | 1610AA Sintepox                                       | 17 Kg               |
| Portamuestra                 | Microscope Slides 76x26mm                             | Caja x 50 u         |
| Lake Side                    | 70C Hugh Courtright                                   | Caja x12 u          |
| Carburo de silicio 600       | 40-6405-600-080 Buehler                               | 5 lb                |
| Portamuestra                 | Petrographic Microscope Slides<br>27X46mm Esmerilados | Caja x 72 u         |
| Carburo de silicio<br>1000   | 40-6405-000-080 Buehler                               | 5 lb                |
| Cubreobjeto                  | 24X30mm Cover glass                                   | caja x100           |
| Balsamo de Canadá            | CAS 8007-47-4 Merck                                   | 100mL               |
| Xilol                        | CAS 106-42-3 Merck                                    | 1 L                 |
| Ácido clorhídrico            | CAS- 1003172500                                       | 2,5 L               |
| Rojo de alizarina            | CAS 130-22-3 Merck                                    | 25 g                |
| Ferricianuro potásico        | CAS 13746-66-2 Merck                                  | 100 g               |
| Agua destilada               | Indiferente   | 1L                  |
| Ácido fluorhídrico           | 40% CAS 7664-39-3 Merck                               | 1 L                 |
| Sodium Cobaltinitrite        | CAS 13600-98-1 Merck                                  | 100 g               |
| Marcador                     | Shapstick negro                                       | 1                   |
| Corrector                    | Indiferente   | 1                   |
| Pegadit endurecedor          | Instantáneo Loctite 435                               | 3g                  |
| Pegadit resina               | Epoxica Ultra fuerte Pegatex                          | 22g                 |
| Cinta de enmascarar          | Indiferente   | 24x25m              |

Se pudo clasificar los materiales en dos tipos, los reactivos e insumos y, por otro lado, está los elementos de papelería que se consideraron como materiales indirectos y fueron cargados a los costos indirectos de fabricación (CIF) pues se requieren para la producción, pero no hacen parte integral del producto y también se usan muy poco, por lo tanto, su desgaste es mínimo (Pabón, 2010).

En este análisis de proveedores, se tuvieron diferentes resultados (Ver Apéndice 14). Se realizó sondeo especialmente para los reactivos y para los elementos de papelería, el resto de los ítems fueron únicamente cotizado por la empresa en donde se realizó la primera compra. Producto de este análisis se obtuvo:

- La empresa Merck siendo la primera opción, cotiza los reactivos: Xilol, ácido clorhídrico, rojo de alizarina, ferricianuro potásico y agua destilada más económicos y en las especificaciones requeridas, por tal motivo, para la asignación de costos se cargaron estos precios. (Ver Apéndice 15)
- Aunque el ácido clorhídrico fue cotizado más económico por la empresa Artilab (Ver Apéndice 16), se decidió asignar el precio de Merck pues por la cantidad no se paga envío y la diferencia era de \$11.100, para pedir únicamente este reactivo a Artilab salía más costoso por motivos de fletes.
- La empresa Quimitrónica cotizó los elementos: Bálsamo de Canadá, ácido fluorhídrico y sodium cobaltinitrite más económico, por lo tanto, se asignó dichos precios a los costos. (Ver Apéndice 17)
- El portamuestra 76x26mm fue cotizado por Advance Instruments (Ver Apéndice 18) y el cubreobjeto por la empresa Quimitrónica.

- El precio del portamuestra 27x45mm fue obtenido a partir de la página de la empresa Ward's Science.
- La resina epoxica y el endurecedor fueron cotizados por la empresa Sintepox (Ver Apéndice 19).
- El Lake Side fue cotizado por la empresa Hugh Courtright (Ver Apéndice 20).
- El carburo de silicio 600 y 1000, el disco diamantado y la copa fueron cotizados por Nuevos Recursos y Arotec de Colombia, empresas que son representantes comerciales de Buehler en el país, obteniendo que: el carburo de silicio en granulo fue cotizado únicamente por Arotec (Ver Apéndice 21) y Nuevos Recursos (Ver Apéndice 22) presentó el disco y la copa más económica.
- La resina epoxica, el endurecedor, el Lake Side y el portamuestra 27x46mm fueron cotizados en dólares, por lo tanto, se tomó un promedio de la tasa representativa del mercado de los últimos cinco meses (septiembre a febrero) para realizar la conversión de monedas y obtener este costo.

A partir de estos resultados, se asignaron los precios a cada elemento y se obtuvo el costo unitario, por un lado, dividiendo la presentación de cada material en las unidades necesarias para la realización de la muestra, cantidades que ya fueron estandarizadas y, por otro lado, en el caso del disco y la copa diamantada, se tuvo en cuenta una relación que había realizado el técnico sobre un número estimado de muestras que se podían realizar para el desgaste de un disco y una copa. Teniendo así los siguientes costos:

**Tabla 20.***Costos de materiales SD cubreobjeto*

| <b>PRODUCTO</b>           | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> |                 |           |
|---------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------|
| <b>SD Cubreobjeto</b>     | 1               | unidad        |                 |           |
| <b>BOM</b>                |                 |               | <b>Costo</b>    |           |
| Resina Epoxica            | 2               | gramos        | \$              | 123       |
| Endurecedor o Catalizador | 1               | gramos        | \$              | 63        |
| Portamuestra              | 1               | unidad        | \$              | 220       |
| Lake Side                 | 0,012048193     | unidad        | \$              | 1.077     |
| Carburo de silicio 600    | 2,4             | gramos        | \$              | 3.515     |
| Portamuestra              | 1               | unidad        | \$              | 220       |
| Carburo de silicio 1000   | 1,2             | gramos        | \$              | 3.110     |
| Balsamo de Canadá         | 2               | Mililitros    | \$              | 18.800    |
| Cubreobjeto               | 1               | unidad        | \$              | 70        |
| Xilol                     | 25              | Mililitros    | \$              | 4.580     |
| Disco diamantado          | 0,001           | unidad        | \$              | 10.761    |
| Copa diamantada           | 0,001           | unidad        | \$              | 16.396    |
|                           |                 |               | <b>SUBTOTAL</b> | \$ 58.936 |
|                           |                 |               | <b>IVA</b>      | \$ 11.198 |
|                           |                 |               | <b>TOTAL</b>    | \$ 70.134 |

**Tabla 21.***Costo de materiales Tinción carbonato*

| <b>PRODUCTO</b>             | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> |              |     |
|-----------------------------|-----------------|---------------|--------------|-----|
| <b>Tinción de carbonato</b> | 1               | unidad        |              |     |
| <b>BOM</b>                  |                 |               | <b>Costo</b> |     |
| Resina Epoxica              | 2               | gramos        | \$           | 123 |
| Endurecedor o Catalizador   | 1               | gramos        | \$           | 63  |

|                         |             |            |    |           |
|-------------------------|-------------|------------|----|-----------|
| Portamuestra            | 1           | unidad     | \$ | 220       |
| Lake Side               | 0,012048193 | unidad     | \$ | 1.077     |
| Carburo de silicio 600  | 2,4         | gramos     | \$ | 3.515     |
| Portamuestra            | 1           | unidad     | \$ | 220       |
| Carburo de silicio 1000 | 1,2         | gramos     | \$ | 3.110     |
| Ácido clorhídrico       | 1           | Mililitros | \$ | 55        |
| Rojo de alizarina       | 0,06        | gramos     | \$ | 594       |
| Ferricianuro potásico   | 0,3         | gramos     | \$ | 1.106     |
| Disco diamantado        | 0,0005      | unidad     | \$ | 10.761    |
| Copa diamantada         | 0,0005      | unidad     | \$ | 16.396    |
| Balsamo de Canadá       | 2           | Mililitros | \$ | 18.800    |
| Cubreobjeto             | 1           | unidad     | \$ | 70        |
| Xilol                   | 25          | Mililitros | \$ | 4.580     |
|                         |             | SUBTOTAL   | \$ | 60.692    |
|                         |             | IVA        | \$ | 11.531,46 |
|                         |             | TOTAL      | \$ | 72.223    |

**Tabla 22.***Costo de materiales tinción feldespatos*

| <b>PRODUCTO</b>               | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> |              |       |
|-------------------------------|-----------------|---------------|--------------|-------|
| <b>Tinción de feldespatos</b> | 1               | unidad        |              |       |
| <b>BOM</b>                    |                 |               | <b>Costo</b> |       |
| Resina Epoxica                | 2               | gramos        | \$           | 123   |
| Endurecedor o Catalizador     | 1               | gramos        | \$           | 63    |
| Portamuestra                  | 1               | unidad        | \$           | 220   |
| Lake Side                     | 0,012048193     | unidad        | \$           | 1.077 |
| Carburo de silicio 600        | 2,4             | gramos        | \$           | 3.515 |
| Portamuestra                  | 1               | unidad        | \$           | 220   |
| Carburo de silicio 1000       | 1,2             | gramos        | \$           | 3.110 |

|                       |        |            |    |        |
|-----------------------|--------|------------|----|--------|
| Agua destilada        | 1      | Mililitros | \$ | 109    |
| Ácido fluorhídrico    | 1      | Mililitros | \$ | 296    |
| Sodium Cobaltinitrite | 1      | Mililitros | \$ | 13.630 |
| Disco diamantado      | 0,0005 | unidad     | \$ | 10.761 |
| Copa diamantada       | 0,0005 | unidad     | \$ | 16.396 |
| Balsamo de Canadá     | 2      | Mililitros | \$ | 18.800 |
| Cubreobjeto           | 1      | unidad     | \$ | 70     |
| Xilol                 | 25     | Mililitros | \$ | 4.580  |
|                       |        | SUBTOTAL   | \$ | 72.971 |
|                       |        | IVA        | \$ | 13.864 |
|                       |        | TOTAL      | \$ | 86.835 |

**Tabla 23.***Costos de materiales tinción porosidad*

| <b>PRODUCTO</b>           | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> |              |        |
|---------------------------|-----------------|---------------|--------------|--------|
| <b>Tinción porosidad</b>  | 1               | unidad        |              |        |
| <b>BOM</b>                |                 |               | <b>Costo</b> |        |
| Resina Epoxica            | 4               | gramos        | \$           | 246    |
| Endurecedor o Catalizador | 2               | gramos        | \$           | 126,05 |
| Portamuestra              | 1               | unidad        | \$           | 220    |
| Lake Side                 | 0,012048193     | unidad        | \$           | 1.077  |
| Carburo de silicio 600    | 2,4             | gramos        | \$           | 3.515  |
| Portamuestra              | 1               | unidad        | \$           | 220    |
| Carburo de silicio 1000   | 1,2             | gramos        | \$           | 3.110  |
| Balsamo de Canadá         | 2               | Mililitros    | \$           | 18.800 |
| Cubreobjeto               | 1               | unidad        | \$           | 70     |
| Xilol                     | 25              | Mililitros    | \$           | 4.580  |
| Disco diamantado          | 0,0005          | unidad        | \$           | 10.761 |
| Copa diamantada           | 0,0005          | unidad        | \$           | 16.396 |
|                           |                 | SUBTOTAL      | \$           | 59.122 |

|  |       |    |        |
|--|-------|----|--------|
|  | IVA   | \$ | 11.233 |
|  | TOTAL | \$ | 70.355 |

Los costos mostrados anteriormente son los correspondientes al rubro de materiales directos y fueron los que se cargaron finalmente. La clasificación de estos materiales se realizó teniendo en cuenta las tres características fundamentales que son la identificación, uso y valor; es decir, que son fácilmente identificables en la producción del producto, su valor es relevante y se usa de una manera significativa (Pabón, 2010).

La depreciación no se consideró directa, porque, aunque los equipos son de vital importancia para la transformación de la roca, se tuvo en cuenta que tienen 10 años de vida útil contablemente y preguntándole al técnico una estimación según el uso y el cuidado, él estima que estos 10 años se puedan extender considerablemente, por lo tanto, se consideró en los costos indirectos.

### **5.3.3. Costos Indirectos de Fabricación**

Estos costos corresponden a los generales de fabricación, pues para realizar el proceso de fabricación se requiere más que solo mano de obra y materiales, se precisa personal para supervisar o liderar las operaciones, suministro de servicios públicos tales como energía eléctrica y agua, depreciación; las cuales son necesarias para la actividad productiva y se requiere el cargue de estos costos al producto (Pabón, 2010). Por lo tanto, para el Laboratorio, se tuvo en cuenta la depreciación de los equipos que se usan en el Laboratorio, la mano de obra indirecta y los materiales indirectos.

5.3.3.1. **Costos de depreciación de activos fijos.** Para calcular la depreciación de los equipos, el técnico facilitó una consulta de inventarios de elementos mayores correspondientes al Laboratorio (Ver Apéndice 23), donde se pudo observar el valor de cada equipo. Con esta información, se buscó en el Artículo 17 del Estatuto Tributario Nacional, *limitación a la deducción por depreciación*, la tasa de depreciación fiscal anual del concepto de maquinaria y equipo, el cual corresponde a un 10% por año sobre el valor inicial del activo; entonces, teniendo en cuenta la estandarización de los procesos, se observó los equipos necesarios en cada operación y se realizó un cuadro consolidado de todos los procesos y en donde se realizó los cálculos de depreciación, los cuales se pueden observar a continuación:

**Tabla 24.**

*Depreciación de activos del Laboratorio*

|   | <b>Valor</b>        | <b>Costo depreciación<br/>anual</b> | <b>Costo depreciación<br/>mensual</b> |
|---|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| EQUIPO MANUAL DE<br>CORTE DE ROCA Y<br>ACCESORIOS           | \$<br>55.375.086,00 | \$ 5.537.508,60                     | \$ 461.459                            |
| HORNO PARA SECADO   | \$<br>8.250.000,00  | \$ 825.000,00                       | \$ 68.750                             |
| BALANZA DE<br>PRECISION OHAUS                               | \$<br>11.530.000,00 | \$ 1.153.000,00                     | \$ 96.083                             |
| EQUIPO MANUAL DE<br>CORTE Y PULIDO DE<br>SECCIONES DELGADAS | \$<br>92.664.137,00 | \$ 9.266.413,70                     | \$ 772.201                            |

| DE ROCA Y ACCESORIOS  |                   |    |               |                 |
|---|-------------------|----|---------------|-----------------|
| PLANCHA DE CALENTAMIENTO                                      | \$ 1.800.000,00   | \$ | 180.000,00    | \$ 15.000       |
| EQUIPO MANUAL DE IMPREGNACIÓN DE ROCAR POR VACIO Y ACCESORIOS | \$ 30.499.569,00  | \$ | 3.049.956,90  | \$ 254.163      |
| EQUIPO MANUAL DE PULIDO Y ACESORIOS.                          | \$ 47.212.396,00  | \$ | 4.721.239,60  | \$ 393.437      |
| MICROSCOPIO ESTEREOMICROSCOPIO Y ACCESORIOS                   | \$ 4.775.000,00   | \$ | 477.500,00    | \$ 39.792       |
| MICROSCOPIO PETROGRAFICO Y ACCESORIOS                         | \$ 27.200.000,00  | \$ | 2.720.000,00  | \$ 226.667      |
| CABINA ESCO EXTRACT MONO 1.2 M,                               | \$ 21.829.740,00  | \$ | 2.182.974,00  | \$ 181.915      |
| <b>TOTAL</b>  | \$ 301.135.928,00 | \$ | 30.113.592,80 | \$ 2.509.466,07 |

Al valor de los equipos se les multiplicó por el 10% dando como resultado la depreciación anual, pero para más facilidad, este resultado se dividió en doce meses para obtener la mensual. Luego, teniendo en cuenta las capacidades definidas de los procesos, se procedió a calcular el número máximo de muestras que puede realizar el Laboratorio en un mes para así, dividir el valor de la depreciación mensual en este número de muestras y saber cuánto se debe cargar a cada muestra por concepto de depreciación, de la siguiente manera:

**Tabla 25.***Costo depreciación activos*

| <b>SERVICIO</b>        | <b>Capacidad</b> | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad posibles en un mes</b> | <b>Costo</b> |
|------------------------|------------------|---------------|------------------------------------|--------------|
| SD Cubreobjeto         | 4,666666667      | muestras/día  | 93,33333333                        | \$ 26.887,14 |
| Tinción de carbonato   | 4                | muestras/día  | 80                                 | \$ 31.368,33 |
| Tinción de feldespatos | 4                | muestras/día  | 80                                 | \$ 31.368,33 |
| Tinción de porosidad   | 4,2              | muestras/día  | 84                                 | \$ 29.874,60 |

En la tabla, se muestran los costos correspondientes al rubro de depreciación de activos de Costos Indirectos de Fabricación para una muestra realizada en los distintos servicios.

**5.3.3.2. Costo de materiales indirectos.** Los materiales indirectos corresponden a los elementos de papelería que se usan en los procesos como lo son el marcador, el corrector, la cinta, los pegadit y la cinta de enmascarar. Para este rubro se decidió no consultar en muchas empresas debido a que los precios de papelería no son tan variables, por lo tanto, se cotizó en Offiarte (Ver Apéndice 24), Oriental (Ver Apéndice 25) y Homecenter (Ver Apéndice 26).

La empresa Oriental cotizó los elementos de papelería más económicos, pero no cotizó los pegantes pegadit, por lo tanto, se decidió consultar en la página de Homecenter los precios y

asignarlos al costo. En este caso, para calcular la proporción usada por la elaboración de una muestra, se estimó un 1% del material, de esta manera, se está diciendo que el uso de cada elemento sirve para trabajar 100 muestras aproximadamente y los costos dieron:

**Tabla 26.***Costos de materiales indirectos*

| <b>PRODUCTO</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> |              |            |
|--|-----------------|---------------|--------------|------------|
| <b>SD Cubreobjeto, tinción Carbonato y Feldespatos</b> | 1               | unidad        |              |            |
| <b>Bill Of Materials</b>                               |                 |               | <b>Costo</b> |            |
| Marcador   | 0,01            | unidad        | \$           | 24         |
| Pegadit endurecedor                                    | 0,075           | Gramos        | \$           | 223        |
| Pegadit resina   | 0,075           | gramos        | \$           | 54         |
| Corrector  | 0,01            | Unidad        | \$           | 11         |
| <b>SUBTOTAL</b>  |                 |               | \$           | 311        |
| <b>IVA</b>   |                 |               | \$           | 59         |
| <b>TOTAL</b>   |                 |               | \$           | <b>370</b> |

El costo pertenece a elaborar una muestra por cada uno de los tres procesos mencionados en la tabla anterior. Para realizar una muestra con tinción de porosidad es necesaria la cinta de enmascarar, por lo tanto, el costo cambió de la siguiente manera:

**Tabla 27.***Costos de materiales indirectos tinción de porosidad*

| <b>PRODUCTO</b>            | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> |              |      |
|----------------------------|-----------------|---------------|--------------|------|
| <b>Tinción porosidad</b>   | 1               | unidad        |              |      |
| <b>Bill Of Materials</b>   |                 |               | <b>Costo</b> |      |
| <b>Cinta de enmascarar</b> | 0,01            | Unidad        | \$           | 45,5 |
| Marcador                   | 0,01            | Unidad        | \$           | 24   |

|                            |       |        |    |            |
|----------------------------|-------|--------|----|------------|
| <b>Pegadit endurecedor</b> | 0,075 | Gramos | \$ | 223        |
| <b>Pegadit resina</b>      | 0,075 | Gramos | \$ | 54         |
| <b>Corrector</b>           | 0,01  | Unidad | \$ | 11         |
| <b>SUBTOTAL</b>            |       |        | \$ | 357        |
| <b>IVA</b>                 |       |        | \$ | 68         |
| <b>TOTAL</b>               |       |        | \$ | <b>424</b> |

**5.3.3.3. Costos de mano de obra indirecta (MOI).** En este rubro se tuvo en cuenta la mano de obra del líder del Laboratorio, pues él dedica 2 horas semanales a la dirección y gestión que requiera el Laboratorio, pero no interviene directamente en las operaciones de los procesos (Pabón, 2010). Él actúa como docente de la Universidad también, por lo tanto, se obtuvo el salario base del profesor Carlos Ríos, a partir de la simulación de sueldo de vinculación para docentes que tiene disponible la Universidad en la web y el cuál se rige en el Decreto 1279 del 19 de junio de 2002 expedido por la Presidencia de la República. El régimen salarial de los docentes tiene en cuenta cuatro factores principales: títulos universitarios, categoría (auxiliar, asistente, asociado, titular), experiencia y productividad académica; dependiendo la hoja de vida del docente se le asigna cierto puntaje a cada factor y al final el acumulado es multiplicado por el valor del punto que es \$16.441, de esta manera se calcula un sueldo estimado.

Respecto al profesor Carlos Ríos, analizando su hoja de vida se puede concluir que él obtendría el máximo puntaje posible que es de 540 puntos, debido a sus estudios de maestrías y doctorado, la experiencia investigativa, docente, de dirección académica y no docente y por su productividad académica, se observa que tiene gran trayectoria en cada uno de estos factores, por lo tanto el salario base estimado sería de \$8.878.140 para el año 2022, asumiendo un aumento del

16%, es decir, el mismo del salario mínimo, daría un sueldo estimado de \$10.298.642 mensual, sobre el cual se realizó los cálculos de prestaciones sociales de la siguiente manera:

**Tabla 28.**

*Cálculos costo mano de obra indirecta*

| RUBRO                             | VALOR          | FORMULA   | RUBRO                           | VALOR         | FORMULA                                   |
|-----------------------------------|----------------|---|---------------------------------|---------------|---|
|                                   |                |   | INTERESE                        |               |   |
| <b>SUELDO 2023</b>                | \$ 10.298.642  | <i>Valoración hoja de vida</i>                    | S<br>CESANTÍA<br>S<br>(DICIEM.) | \$ 1.579.897  | <i>Cesantías * 12%</i>                    |
|                                   |                |   |                                 |               | <i>(Total Sueldos +</i>                   |
| <b>TOTAL SUELDOS</b>              | \$ 123.583.709 | <i>Sueldo 2023 * 12</i>                           | ICBF                            | \$ 4.478.100  | <i>BSP + prima serv + prima vac) * 3%</i> |
|                                   |                |   |                                 |               | <i>(Total Sueldos +</i>                   |
| <b>BSP</b>                        | \$ 3.604.525   | 35%   | SALUD                           | \$ 13.173.700 | <i>BSP + vac dic) * 9,5% UISsalud</i>     |
|                                   |                |   |                                 |               | <i>(Total Sueldos +</i>                   |
| <b>PRIMA SERVICIOS (JUNIO)</b>    | \$ 10.599.019  | <i>Sueldo + (BSP / 12)</i>                        | PENSIONE<br>S                   | \$ 16.640.500 | <i>BSP + vac dic) * 12%</i>               |
|                                   |                |   |                                 |               | <i>(Total Sueldos +</i>                   |
| <b>PRIMA VACACIONES (DICIEM.)</b> | \$ 8.049.390   | <i>((Sueldo*(2/3)) + (BSP + prima serv) / 12)</i> | RIESGOS                         | \$ 3.098.400  | <i>BSP) * 2,436%</i>                      |

|                  |               |                     |              |                |
|------------------|---------------|---------------------|--------------|----------------|
| <b>PRIMA</b>     |               | <i>Sueldo +</i>     |              |                |
| <b>NAVIDAD</b>   | \$ 12.153.054 | <i>(BSP + prima</i> |              |                |
| <b>(DICIEM.)</b> |               | <i>serv + prima</i> |              |                |
|                  |               | <i>vac) / 12</i>    |              |                |
| <b>VACACION</b>  |               | <i>(Sueldo +</i>    |              |                |
| <b>ES</b>        | \$ 11.482.271 | <i>(BSP + prima</i> |              |                |
| <b>(DICIEM.)</b> |               | <i>serv) / 12)</i>  |              |                |
|                  |               | <i>Sueldo +</i>     |              |                |
| <b>CESANTÍAS</b> |               | <i>(BSP + prima</i> |              |                |
| <b>(DICIEM)</b>  | \$ 13.165.808 | <i>serv + prima</i> | <b>TOTAL</b> | \$ 221.608.373 |
|                  |               | <i>vac + prima</i>  |              |                |
|                  |               | <i>nav) / 12</i>    |              |                |

Para obtener los valores de las prestaciones del profesor, se rigió sobre el Capítulo IX del decreto anteriormente mencionado donde explican el régimen prestacional para los empleados públicos docentes de carrera y vinculados a universidades estatales u oficiales. El valor total y de las prestaciones están proyectados a un año, por lo tanto, para obtener el costo mensual de mano de obra indirecta se dividió el total en los doce meses, lo que dio \$18.467.364, a su vez, es necesario tener el costo del día que es de \$923.368 y para realizar el análisis se produjo el costo de la hora que corresponde a \$ 115.421.

Como el profesor Carlos Ríos no dedica el 100% del tiempo al Laboratorio, se calculó la proporción que ocupa realizando actividades para este, de esta manera, se tiene que a la semana destina 2 horas, lo que vendría siendo 8 horas al mes, este valor se multiplica por el costo de la hora y da un costo mensual de \$923.368. Luego, se dividió este costo en la cantidad de muestras posibles que se pueden realizar al mes en el Laboratorio por cada proceso, para obtener el costo de cada muestra, dando los siguientes resultados:

**Tabla 29.***Costos de mano de obra indirecta*

| <b>PRODUCTO</b>                   | <b>Capacidad (muestras/día)</b> | <b>Cantidad posibles<br/>en un mes</b> | <b>Costo</b> |
|-----------------------------------|---------------------------------|--|--------------|
| <b>SD Cubreobjeto</b>             | 4,666666667                     | 93,33333333                            | \$ 9.893,23  |
| <b>Tinción de<br/>carbonato</b>   | 4                               | 80                                     | \$ 11.542,10 |
| <b>Tinción de<br/>feldespatos</b> | 4                               | 80                                     | \$ 11.542,10 |
| <b>Tinción de<br/>porosidad</b>   | 4,2                             | 84                                     | \$ 10.992,48 |

De esta manera, se obtuvo los costos que se cargaron correspondientes al rubro de mano de obra indirecta para una unidad de muestra en cada proceso.

**5.3.3.4. Costo de servicios públicos.** Para definir este rubro, se realizó un contacto por llamado a la División de Planta Física, con el fin de establecer quienes eran los proveedores del suministro de energía y acueducto en el Parque Tecnológico Guatiguará (PTG), lugar donde está ubicado el Laboratorio. El proveedor de energía eléctrica es la empresa Ruitoque S.A. E.S.P y de acueducto es Piedecuestana de Servicios Públicos E.S.P; con estos datos, se procedió a consultar en veeduría ciudadana de la Universidad los respectivos contratos a mes de enero correspondiente al suministro de los dos servicios. Los pagos encontrados correspondían al Parque en general, pues no había información específica, por lo tanto, se estimó un pago al Laboratorio teniendo en cuenta los metros cuadrados de todos los laboratorios de Guatiguará y sacando una proporción con el del Laboratorio; teniendo que en la página de la Universidad dice que hay 15.000 metros cuadrados correspondiente a laboratorios y el Laboratorio mide 50 metros cuadrados, lo que indica, que el Laboratorio ocupa un 0,33% del total.

Para energía eléctrica, se encontró un pago mensual de \$214.512.064 según la orden de pago manual (OPM) número 2023001279 (Ver Apéndice 27), este valor se multiplicó por el porcentaje del Laboratorio dando un valor de \$715.040 mensual y finalmente se dividió por el número de muestras que se puede procesar, como se muestra a continuación:

**Tabla 30.**

*Costo de energía eléctrica*

|                        | <b>Capacidad Máxima</b> | <b>Costo</b> |
|------------------------|-------------------------|--------------|
| SD Cubreobjeto         | 93,33333333             | \$ 7.661,15  |
| Tinción de carbonato   | 80                      | \$ 8.938,00  |
| Tinción de feldespatos | 80                      | \$ 8.938,00  |
| Tinción de porosidad   | 84                      | \$ 8.512,38  |

Para acueducto, alcantarillado y aseo, se encontró un pago mensual de \$779.280, \$39.850 y \$3737.920 según órdenes de pago manual número 2023001114, 2023001116 y 2023001118 respectivamente (Ver Apéndice 28), para una suma total de \$857.050. Este valor total se multiplico por el porcentaje dando un valor de \$2.856,83 mensual y finalmente se realizó el mismo procedimiento que para la luz, dando el siguiente resultado:

**Tabla 31.**

*Costo de acueducto, alcantarillado y aseo*

|                        | <b>Capacidad Máxima</b> |    | <b>Costo</b> |
|------------------------|-------------------------|----|--------------|
| SD Cubreobjeto         | 93,33333333             | \$ | 30,61        |
| Tinción de carbonato   | 80                      | \$ | 35,71        |
| Tinción de feldespatos | 80                      | \$ | 35,71        |
| Tinción de porosidad   | 84                      | \$ | 34,01        |

Estos dos costos son variables, debido el gasto de luz y agua que se realice en el mes es lo que se paga y esto depende del trabajo que se realice en el Laboratorio. También es importante recalcar que estos costos son aproximados pues no se tiene un valor de pago específicamente del Laboratorio y por ejemplo, si no se realizan muchas muestras pero en otro laboratorio se aumenta la demanda, el costo de estos servicios no va a disminuir debido a que el valor tomado depende del trabajo de todos los laboratorios del Parque.

Con estos cinco rubros, se da por terminado los Costos Indirectos de Fabricación (CIF) y se da paso a realizar el consolidado y obtener los costos de cada proceso.

### 5.3.4. Costos de cada proceso

Se suman los tres elementos fundamentales de los costos para obtener el costo de elaborar una muestra por cada proceso ofertado (Ver Apéndice 14) de la siguiente manera:

**Tabla 32.**

*Costo unitario del proceso de SD cubreobjeto*

| <b>PRODUCTO</b>               | <b>Cantidad</b>      |
|-------------------------------|----------------------|
| <b>SD Cubreobjeto</b>         | 1 unidad             |
| <b>Rubros</b>                 | <b>Costo</b>         |
| Mano de Obra Directa (MOD)    | \$ 47.458,17         |
| Materiales Directos           | \$ 70.133,93         |
| CIF                           | \$ 44.842,45         |
| +Depreciación                 | \$ 26.887,14         |
| +Mano de obra indirecta (MOI) | \$ 9.893,23          |
| +Materiales indirectos        | \$ 370,33            |
| +Agua                         | \$ 30,61             |
| +Luz                          | \$ 7.661,15          |
| <b>TOTAL</b>                  | <b>\$ 162.434,56</b> |

**Tabla 33.**

*Costo unitario del proceso tinción carbonatos*

| <b>PRODUCTO</b>            | <b>Cantidad</b> |
|----------------------------|-----------------|
| <b>Tinción carbonato</b>   | 1 unidad        |
| <b>Rubros</b>              | <b>Costo</b>    |
| Mano de Obra Directa (MOD) | \$ 55.367,87    |
| Materiales Directos        | \$ 72.223,36    |
| CIF                        | \$ 52.254,48    |

|                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| +Depreciación                 | \$ 31.368,33         |
| +Mano de obra indirecta (MOI) | \$ 11.542,10         |
| +Materiales indirectos        | \$ 370,33            |
| +Agua                         | \$ 35,71             |
| +Luz                          | \$ 8.938,00          |
| <b>TOTAL</b>                  | <b>\$ 179.845,70</b> |

**Tabla 34.**

*Costo unitario del proceso tinción feldespatos*

| <b>PRODUCTO</b>               | <b>Cantidad</b>      |
|-------------------------------|----------------------|
| <b>Tinción feldespatos</b>    | 1 unidad             |
| <b>Rubros</b>                 | <b>Costo</b>         |
| Mano de Obra Directa (MOD)    | \$ 55.367,87         |
| Materiales Directos           | \$ 86.835,23         |
| CIF                           | \$ 52.254,48         |
| +Depreciación                 | \$ 31.368,33         |
| +Mano de obra indirecta (MOI) | \$ 11.542,10         |
| +Materiales indirectos        | \$ 370,33            |
| +Agua                         | \$ 35,71             |
| +Luz                          | \$ 8.938,00          |
| <b>TOTAL</b>                  | <b>\$ 194.457,57</b> |

**Tabla 35.***Costo unitario del proceso de tinción porosidad*

| <b>PRODUCTO</b>               | <b>Cantidad</b>      |
|-------------------------------|----------------------|
| <b>Tinción porosidad</b>      | <b>1 unidad</b>      |
| <b>Rubros</b>                 | <b>Costo</b>         |
| Mano de Obra Directa (MOD)    | \$ 52.731,30         |
| Materiales Directos           | \$ 70.355,44         |
| CIF                           | \$ 49.837,95         |
| +Depreciación                 | \$ 29.874,60         |
| +Mano de obra indirecta (MOI) | \$ 10.992,48         |
| +Materiales indirectos        | \$ 424,48            |
| +Agua                         | \$ 34,01             |
| +Luz                          | \$ 8.512,38          |
| <b>TOTAL</b>                  | <b>\$ 172.924,69</b> |

Como se puede observar en las tablas, se sumó la mano de obra directa, los materiales directos y los costos indirectos de fabricación, los cuales se dividen en depreciación de activos, mano de obra, materiales indirectos y los dos servicios públicos, justo como se explicó anteriormente. En las tablas, se pudo concluir que, para todos los procesos, el costo más representativo es el de materiales directos, siguiéndole el de costos indirectos de fabricación y, por último, la mano de obra directa. Esto debido a que las actividades principales del Laboratorio se basan en la transformación de un mineral para tener un producto final que le permita al analista describir y clasificar correctamente la roca; en ese proceso de transformación se usan materiales con un buen reconocimiento en el mercado para asegurar la calidad y la facilidad del trabajo.

### 5.3.5. *Análisis de los costos*

Los costos calculados corresponden al 100% de la capacidad, es decir, cuando llegan el total de las muestras que el Laboratorio puede procesar que finalmente es la meta que se debe tener. Adicional a esto, se realizó un análisis correspondiente a la demanda que tiene el Laboratorio y se obtuvo el siguiente consolidado:

**Tabla 36.**

*Demanda mensual del Laboratorio*

| FECHA                    | TOTAL MUESTRAS |
|--------------------------|----------------|
| feb-22                   | 59             |
| mar-22                   | 9              |
| abr-22                   | 30             |
| may-22                   | 6              |
| ago-22                   | 9              |
| oct-22                   | 14             |
| nov-22                   | 22             |
| feb-23                   | 30             |
| Demanda mensual promedio | 22,375         |

Como se puede observar en la tabla anterior, la demanda del Laboratorio es muy variable, hay meses donde se realizaron muy pocas muestras como mayo y marzo y meses donde enviaron a elaborar más muestras como en febrero del 2022 y 2023. Para obtener una demanda mensual estimada, se obtuvo el promedio entre estos datos, lo que dio 22,37. Este valor es muy bajo conforme a la capacidad que tiene el Laboratorio, lo que significa que se debe buscar más clientes

con el fin de no tener pérdidas, debido a que si se realiza el cargue de estos costos de tiempo no productivo, superaría el precio de venta.

Es decir, actualmente la demanda no está cubriendo los costos fijos (costos de mano de obra directa, mano de obra indirecta, depreciación), por lo tanto, si no se procesan las muestras de la capacidad los costos fijos se deben repartir en unidades más pequeñas y habría que cargar este costo adicional a cada muestra elaborada en el mes para no tener pérdidas, lo cual superaría el precio de venta, como se observa a continuación:

**Tabla 37.**

*Valor adicional MOD según demanda*

|                           | <b>Demanda prom<br/>mensual</b>      | <b>22,375</b>                | <b>MOD</b>    |               |
|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------|---------------|---------------|
| Servicio                  | Capacidad real<br>(muestras por día) | Capac prom<br>(muestras/día) | Costo         | \$ adicional  |
| SD<br>Cubreobjeto         | 4,6667                               | 1,11875                      | \$ 197.963,32 | \$ 150.505,15 |
| Tinción de<br>carbonato   | 4                                    | 1,11875                      | \$ 197.963,32 | \$ 142.595,46 |
| Tinción de<br>feldespatos | 4                                    | 1,11875                      | \$ 197.963,32 | \$ 142.595,46 |
| Tinción de<br>porosidad   | 4,2                                  | 1,11875                      | \$ 197.963,32 | \$ 145.232,02 |

**Tabla 38.**

*Valor adicional MOI y depreciación*

|           | <b>DEPRECIACIÓN ACTIVOS</b> |              | <b>MOI</b> |              |
|-----------|-----------------------------|--------------|------------|--------------|
| Servicios | Costo                       | \$ adicional | Costo      | \$ adicional |

|                        |    |            |    |           |    |           |    |           |
|------------------------|----|------------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|
| SD                     |    |            |    |           |    |           |    |           |
| Cubreobjeto            | \$ | 112.154,91 | \$ | 85.267,77 | \$ | 41.267,85 | \$ | 31.374,62 |
| Tinción de carbonato   | \$ | 112.154,91 | \$ | 80.786,58 | \$ | 41.267,85 | \$ | 29.725,75 |
| Tinción de feldespatos | \$ | 112.154,91 | \$ | 80.786,58 | \$ | 41.267,85 | \$ | 29.725,75 |
| Tinción de porosidad   | \$ | 112.154,91 | \$ | 82.280,31 | \$ | 41.267,85 | \$ | 30.275,37 |

Teniendo en cuenta la demanda estimada mensual actual, se obtuvo una nueva capacidad mensual, que si se compara con la capacidad real del laboratorio se observa una gran diferencia. A partir de esta capacidad se calcula el costo por muestra de cada parámetro expuesto y se obtiene el valor adicional que se debe cargar al producto al no cumplir con la capacidad real. De este valor adicional, se puede decir que, si se suma solo estos parámetros, sin sumar el rubro de materiales ya se supera el precio de venta de los servicios, por lo tanto, se puede concluir que actualmente el Laboratorio está generando pérdidas.

Este valor adicional, varía de los servicios solicitados en el Laboratorio mensualmente, el presentado es el estimado a la situación actual del Laboratorio, pero esto se podría calcular obteniendo nuevamente una capacidad mensual teniendo en cuenta las muestras que se procesaron en el mes y volviendo a calcular los costos del parámetro y a estos se le resta el costo de la capacidad real. El costo total unitario se comporta de la siguiente manera:

**Figura 10.**

*Formula de la definición del costo*

$$CTU = \frac{CF}{Q} + cv$$

Fuente: Tomada del libro “Precio. Variable clave en el marketing” (Goñi Avila, 2008, p.140)

Donde CTU es Costo Total Unitario, CF son los costos fijos que ya se mencionaron, Q es la demanda y cv son los costos variables que corresponden a los materiales directos e indirectos.

Se ha observado que el Laboratorio no cuenta con redes sociales o alguna página web donde se ofrezca los servicios, por lo tanto, es más difícil y complicado atraer prospectos; como recomendación se debería invertir en marketing digital ya sea por redes sociales o en Google, con el fin de dar a conocer los servicios que se ofrecen.

El rubro de materiales no se tiene en cuenta en el valor adicional pues este costo es variable y depende de las unidades elaboradas en el mes, al no ser fijo, no se consume nada si no se está produciendo.

**5.4. Actualización de los precios de venta**

Inicialmente, planteó dos métodos para la fijación de precios de venta: el primero es teniendo en cuenta un margen sobre el costo del servicio, lo que proporcionaría un rendimiento establecido por el director o por el encargado de las operaciones del Laboratorio, en este caso no se mira otros factores como el posicionamiento del producto, el valor percibido por el cliente, las estrategias de marketing, por lo tanto, no permite tener flexibilidad ante cambios en el mercado (Pérez & Pérez, 2006). El segundo está basado en la competencia, esto tiene en cuenta la posición que tiene el Laboratorio en el mercado para definir los precios de venta, en este caso se planeó

ubicarse en un intermedio conforme a la competencia para ser competitivos debido a que comparando los precios, el Laboratorio tiene los más altos.

En este caso, el encargado de fijar los precios del Laboratorio es el director de la Escuela, quién en una reunión, expresa que la estrategia que más se acomoda a la visión del Laboratorio es la de un análisis de los competidores directos y del mercado internacional y manifiesta el deseo de ubicarse en un intermedio entre estos precios, enfocándose en las empresas extranjeras. A partir de esto, se obtuvo los siguientes resultados:

- En Colombia, sólo se encontró 2 empresas privadas que prestan los mismos servicios del Laboratorio, las cuales son: Minerlab Ltda (Ver Apéndice 29) y Rock & Rocks (Ver Apéndice 30). A parte de estas, también hay otros Laboratorios de otras universidades, algunos prestan servicios de extensión y otros son netamente académicos.
- De Europa, se obtuvo precios de dos empresas, una en España que se llama Nucleus y otra en Polonia llamada ABC a Head (Ver apéndice 31).
- En Estado Unidos, país donde el director tenía más preferencia, se obtuvo precios de cuatro empresas: Applied Petrographic Services, Inc (Ver Apéndice 32), National Petrographic Service (Ver Apéndice 33), Wagner Petrographic (Ver Apéndice 34) y GrindStone Laboratory (Ver Apéndice 35).
- Por último, se decidió agregar al análisis una empresa canadiense llamada Precision Petrographics (Ver Apéndice 36).
- Para tener una comparación de los precios extranjeros, se decidió hacer la conversión de moneda teniendo un promedio de la tasa representativa de los

últimos 5 meses (septiembre a febrero) de cada moneda (dólar, euro, dólar canadiense (CAD)).

Los precios obtenidos se muestran en las siguientes tablas (Ver Apéndice 37):

**Tabla 39.**

*Precios de venta servicios*

| Servicios  | Colombia     |               | España     | Polonia    |
|--|--------------|---------------|------------|------------|
|  | Rock & Rocks | Minerlab Ltda | Nucleus    | ABC a Head |
| Elaboración de una sección delgada con cubreobjeto.  | \$ 166.600   | \$ 184.958    | \$ 174.398 | \$ 121.109 |
| Elaboración de una sección delgada con tinción de feldespatos (Potassium feldspar -sodium cobaltinitrite)                      |              | \$ 240.888    | \$ 203.464 |            |
| Elaboración de una sección delgada con tinción de carbonatos (Iron Rich Carbonate - Alizarin Red S and Potassium Ferricyanide) | \$ 214.200   | \$ 240.888    | \$ 203.464 |            |
| Elaboración de una sección delgada con tinción de porosidad (Blue epoxy/impregnation)  | \$ 214.200   | \$ 196.891    |            |            |

**Tabla 40.***Continuación tabla 39*

| Servicios  | EEUU                                |                               |                     | Canadá                |                         |
|--|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|
|  | Applied Petrographic Services, Inc. | National Petrographic Service | Wagner Petrographic | GrindStone Laboratory | Precision petrographics |
| Elaboración de una sección delgada con cubreobjeto.  | \$ 117.891                          | \$ 132.037                    | \$ 113.175          | \$ 216.919            | \$ 90.872               |
| Elaboración de una sección delgada con tinción de feldespatos (Potassium feldspar - sodium cobaltinitrite) |                                     | \$ 188.625                    | \$ 120.248          | \$ 226.350            | \$ 108.347              |
| Elaboración de una sección delgada con tinción de carbonatos (Iron Rich                                    | \$ 132.037                          | \$ 155.616                    | \$ 117.891          | \$ 26.350             | \$ 108.347              |

|  |            |            |            |            |            |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| Carbonate -<br>Alizarin Red<br>S and<br>Potassium<br>Ferricyanide)         |            |            |            |            |            |
| Elaboración<br>de una<br>sección<br>delgada con<br>tinción de<br>porosidad | \$ 132.037 | \$ 148.542 | \$ 136.753 | \$ 231.066 | \$ 122.327 |

Teniendo en cuenta estos precios, y como el director quiere situarse en un valor intermedio, se procedió a sacar un promedio de precio para cada servicio, dando como resultado la siguiente tabla:

**Tabla 41.**

*Propuesta de precios de venta*

| Servicios   | Precio actual | Propuesta de precio |
|---|---------------|---------------------|
| Elaboración de una sección delgada con cubreobjeto.   | \$ 195.866    | \$ 151.382          |
| Elaboración de una sección delgada con tinción de feldespatos (Potassium feldspar -sodium cobaltinitrite) | \$ 269.117    | \$ 193.863          |
| Elaboración de una sección delgada con tinción de carbonatos (Iron Rich                                   | \$ 269.117    | \$ 185.323          |

|   |    |         |            |
|---|----|---------|------------|
| Carbonate - Alizarin Red S and<br>Potassium Ferricyanide)         |    |         |            |
| Elaboración de una sección<br>delgada con tinción de<br>porosidad |    |         |            |
|   | \$ | 269.117 | \$ 181.367 |

Según la estrategia planteada para la propuesta, los precios deben disminuir considerablemente a los que se están manejando actualmente incluso teniendo una utilidad negativa en algunos procesos, este cambio se da debido a que las empresas extranjeras tienen más facilidad para adquirir los materiales, los cuales representan el porcentaje más alto del costo del producto, ya que muchos de ellos son importados y la logística para traerlos a Colombia aumenta el costo.

El autor propuso (Ver Apéndice 37) obtener el precio a partir de la competencia directa, es decir, las empresas colombianas que se dedican a lo mismo. Se sacó un promedio entre los precios que manejan estas dos y el resultado también fue disminuir los precios pues son mayores los del Laboratorio, pero se podría ser más competitivo. Esta estrategia se plantea pensando en hacer el cambio del precio en un futuro, después de tener un aumento en el reconocimiento (implementación de marketing digital) para ganar un posicionamiento en el mercado y de ahí, subir los precios en base al valor agregado del Laboratorio, pues el producto final es de excelente calidad, esto es algo que percibiría el cliente y crearía un valor diferente del producto en la mente del comprador, por lo cual estaría dispuesto a pagar más conforme a la competencia (Goñi Avila, 2008). La propuesta de precio conforme a la estrategia del autor sería la siguiente:

**Tabla 42.***Propuesta de precios de venta 2*

| <b>Servicios</b>   | <b>Precio actual</b> | <b>Propuesta de precio 2</b> |
|--|----------------------|------------------------------|
| Elaboración de una sección delgada con cubreobjeto.  | \$ 195.866           | \$ 175.779                   |
| Elaboración de una sección delgada con tinción de feldespatos (Potassium feldspar -sodium cobaltinitrite)                      | \$ 269.117           | \$ 240.888                   |
| Elaboración de una sección delgada con tinción de carbonatos (Iron Rich Carbonate - Alizarin Red S and Potassium Ferricyanide) | \$ 269.117           | \$ 227.544                   |
| Elaboración de una sección delgada con tinción de porosidad  | \$ 269.117           | \$ 205.546                   |

Si bien, los márgenes de utilidad de esta propuesta no son altos, tampoco dan pérdida teniendo el margen más pequeño para la sección delgada con cubreobjeto de 8% y el mayor para el proceso de tinción de feldespatos con 25%, lo que permite realizar la estrategia planteada.

Una tercera propuesta (Ver Apéndice 37) por parte del autor se basa en el margen de ganancia, ya que esta estrategia es muy común en las empresas de servicios (Goñi Avila, 2008, p.139), en el cual se tiene en cuenta el porcentaje de ganancia que se quiere obtener sobre el precio de venta a fijar, utilizando la siguiente formula:

$$P = \frac{\text{Costo total unitario}}{(1 - \%)}$$

Donde P corresponde al precio que se quiere proponer, el costo unitario de cada proceso y el porcentaje que se quiere obtener de cada servicio. En este caso, a consideración del autor se fijó 20% de ganancia para cada servicio, teniendo en cuenta, los márgenes actuales que tiene el Laboratorio y la consideración de bajar los precios para ser más competitivos; obteniendo una propuesta de precios como se muestra a continuación:

**Tabla 43.**

*Propuesta de precios de venta 3*

| <b>Servicios</b>   | <b>Precio actual</b> | <b>Precio<br/>propuesto 3</b> |
|--|----------------------|-------------------------------|
| Elaboración de una sección delgada con cubreobjeto.  | \$ 195.866           | \$ 203.043,20                 |
| Elaboración de una sección delgada con tinción de feldespatos (Potassium feldspar - sodium cobaltinitrite)                     | \$ 269.117           | \$ 224.807,13                 |
| Elaboración de una sección delgada con tinción de carbonatos (Iron Rich Carbonate - Alizarin Red S and Potassium Ferricyanide) | \$ 269.117           | \$ 243.071,96                 |
| Elaboración de una sección delgada con tinción de porosidad  | \$ 269.117           | \$ 216.155,86                 |

Estas tres propuestas son presentadas al encargado del Laboratorio y al director de la Escuela de Geología para su respectivo análisis y toma de decisión respecto a fijar el precio de los servicios. La primera propuesta establecida teniendo en cuenta la reunión con el director y las otras dos a criterio del autor.

## **6. Sistema de indicadores de gestión**

Este capítulo comprende el diseño de los indicadores de gestión que permitan controlar y hacer seguimiento a las mejoras implementadas justo como se planteó en la etapa 4 de la metodología del proyecto y se da cumplimiento al objetivo específico 5.

Para el desarrollo se tuvo en cuenta y se adaptó al proyecto el ciclo básico para el proceso de construcción de indicadores de una guía del Departamento Administrativo de la Función Pública (DAFP), la cual plantea lo siguiente:

- Primero, se realizó la identificación de lo que se quería medir conforme a las mejoras implementadas y el problema resuelto, de esta manera, se planteó el objetivo del indicador y el nombre.
- Segundo, con el indicador definido se realiza la asignación de las responsabilidades teniendo en cuenta el cargo y las funciones del técnico y el encargado.
- Tercero, se construyen las fórmulas y se analiza la periodicidad adecuada según el proceso y el movimiento que lleva el Laboratorio actualmente.
- Cuarto, se construye la estructura del indicador en Excel con el fin de construir la ficha técnica y tener un espacio para realizar la medición y el análisis de cada indicador. (E. Rodríguez, 2012)

La estructura también fue adaptada de la Guía de construcción de indicadores de gestión e incluye lo siguiente:

- Nombre del indicador
- Objetivo del indicador
- Tipo de indicador: se dividió en cuatro: los indicadores de eficacia, eficiencia, efectividad y economía. Los de eficacia permiten medir la oportunidad (cumplimiento de la meta en el plazo), al igual que la cantidad (volumen de bienes y servicios generados en el tiempo). Los de eficiencia se enfocan en el aprovechamiento de los recursos teniendo en cuenta las entradas del proceso. Los de efectividad son los que miden los resultados con los costos más razonables posibles y, por último, los de economía, tienen que ver con la capacidad que se tiene para mover los recursos financieros para cumplir los objetivos propuestos.
- Fórmula de cálculo: se divide en el numerador y el denominador y permite tener un resultado cuantitativo para comparar con la meta propuesta.
- Frecuencia de recolección: expresa cada cuanto se debe registrar la información en el sistema de indicadores, este se fijó teniendo en cuenta la naturaleza del proceso y en cuanto se demoraría en conseguir la información y que sea significativa.
- Frecuencia de revisión: para todas son mensuales, inicialmente para llevar un control más detallado que permita tomar decisiones rápidas y pertinentes.
- Fuente de datos: origen de los datos a registrar para el respectivo cálculo y análisis.
- Unidad: se refiere a la unidad de medida del resultado del indicador.

- **Responsable:** en este caso, los responsables serían el Técnico que es el que está a cargo de realizar las operaciones en el Laboratorio y el líder quién realiza gestión administrativa y toma de decisiones.
- **Meta:** la meta fue propuesta teniendo en cuenta un nivel de calidad Seis Sigma, que significa tener estadísticamente 3.4 defectos por millón de oportunidad. Así se fomenta la filosofía de trabajo de mejoramiento continuo en los procesos y los servicios ofertados en el Laboratorio (Luis et al., 2014).

Como entregable al Laboratorio se realizó un documento de Excel (Ver Apéndice 38) para análisis mensual, corresponde a cinco hojas donde permite ingresar los valores correspondientes al numerador y al denominador para obtener el resultado del indicador, conforme se van añadiendo los datos, se va construyendo automáticamente una gráfica que permite observar el cumplimiento de la meta. También hay un apartado para registrar análisis u observaciones que se tengan respecto al periodo y las acciones correctivas en caso de no cumplir con la meta. Se realiza la respectiva socialización y revisión con el Técnico y se obtiene la aprobación por parte del encargado del Laboratorio.

### **6.1. Indicador de nivel de reprocesos en la producción**

Este indicador surge de la necesidad de medir la efectividad de la mejora de estandarización de los procesos productivos relacionado al problema identificado de los reprocesos. De este indicador, el resultado que genera es un porcentaje correspondiente a los reprocesos por semana y realizar el análisis mensual del comportamiento; se espera que este porcentaje sea 0 o cercano a

cero, pues también hay un factor correspondiente a la naturaleza de la muestra que es imprescindible y que puede provocar reprocesos.

**Tabla 44.**

*Indicador de nivel de reprocesos*

| <b>Ficha Técnica</b>          |  |   |         |
|-------------------------------|--|---|---------|
| <b>NOMBRE DEL INDICADOR</b>   | <b>NIVEL DE REPROCESOS EN LA PRODUCCIÓN</b>  |   |         |
| <b>OBJETIVO DEL INDICADOR</b> | Medir la producción a partir de los resultados obtenidos teniendo en cuenta los reprocesos realizados para producir una muestra en la calidad deseada. |   |         |
| <b>TIPO DE INDICADOR</b>      | De efectividad   |   |         |
| <b>FORMULA DE CÁLCULO</b>     | NUMERADOR  | $\frac{\# \text{ Unidades reprocesadas}}{\# \text{ Unidades producidas}} * 100$ |         |
|                               | DENOMINADOR  |   |         |
| <b>FRECUENCIA RECOLECCIÓN</b> | Semanal, al finalizar el turno del viernes se debe registrar la información correspondiente en el presente formato.                                    | <b>FRECUENCIA REVISIÓN</b>  | Mensual |
| <b>FUENTE DE DATOS</b>        | Bitácora del Laboratorio.  | <b>UNIDAD</b>   | %       |
| <b>RESPONSABLE</b>            | El responsable de la recolección es el técnico del Laboratorio y el del respectivo análisis es el encargado.   |   |         |

A partir del documento en Excel presentado, se fomenta el ingreso de los datos con el tiempo para tener una mayor medición y control de los procesos.

## 6.2. Nivel de cumplimiento en las entregas

Este indicador sirve para medir la efectividad de la propuesta de definición de la capacidad del Laboratorio y el uso de la política de tiempos de entrega. Resultado del indicador se obtendrá el porcentaje de las muestras entregadas a tiempo, permitiendo así, tener más control sobre el cumplimiento al cliente y asegurando la satisfacción del servicio prestado. Se realizará la recolección semanal y el análisis mensual, donde se espera que el 100% de las muestras solicitadas sean entregadas en el tiempo indicado al cliente.

**Tabla 45.**

*Indicador nivel de cumplimiento entregas*

| <b>Ficha Técnica</b>          |  |  |         |
|-------------------------------|--|--|---------|
| <b>NOMBRE DEL INDICADOR</b>   | <b>NIVEL DE CUMPLIMIENTO EN LAS ENTREGAS</b>   |  |         |
| <b>OBJETIVO DEL INDICADOR</b> | Medir el cumplimiento de los tiempos de entrega planteados en la solicitud del servicio.                     |  |         |
| <b>TIPO DE INDICADOR</b>      | De efectividad   |  |         |
| <b>FORMULA DE CÁLCULO</b>     | NUMERADOR<br>DENOMINADOR   | $\frac{\# \text{ Muestras entregadas} - \# \text{ Muestras entregadas tarde}}{\# \text{ Muestras entregadas}} * 100$ |         |
| <b>FRECUENCIA RECOLECCIÓN</b> | Quincenal  | <b>FRECUENCIA REVISIÓN</b>   | Mensual |
| <b>FUENTE DE DATOS</b>        | Bitacora del Laboratorio y política de tiempos de entrega.   | <b>UNIDAD</b>  | %       |
| <b>RESPONSABLE</b>            | El responsable de la recolección es el técnico del Laboratorio y el del respectivo análisis es el encargado. |  |         |

### 6.3. Indicador costo por tiempo no productivo

Este indicador permite conocer el costo adicional que se debe asumir por motivo de no realizar las muestras totales que puede producir el Laboratorio. Este costo adicional se da por el cargue de los costos fijos a las unidades realizadas al mes que son más pequeñas que la capacidad; por lo tanto, el resultado de este indicador es en pesos colombianos y se espera que esta diferencia sea 0 o lo más cercana a cero. Sin embargo, se entiende que los primeros meses que se mida, la diferencia va a ser mayor y se espera que con el tiempo vaya disminuyendo hasta que llegue a la meta y se mantenga ahí.

**Tabla 46.**

*Indicador de costo por tiempo no productivo*

| <b>Ficha Técnica</b>          |  |                            |         |
|-------------------------------|--|----------------------------|---------|
| <b>NOMBRE DEL INDICADOR</b>   | <b>COSTO POR TIEMPO NO PRODUCTIVO</b>  |                            |         |
| <b>OBJETIVO DEL INDICADOR</b> | Calcular el costo por tiempo no productivo, es decir, el aumento en el costo total cuando no se cumple la capacidad del Laboratorio. |                            |         |
| <b>TIPO DE INDICADOR</b>      | De economía  |                            |         |
| <b>FORMULA DE CÁLCULO</b>     | Costo Unitario Total cargado - Costo Unitario Total cumpliendo la capacidad  |                            |         |
| <b>FRECUENCIA RECOLECCIÓN</b> | Mensual, al finalizar el turno del último viernes del mes se debe registrar la información correspondiente en el presente formato.   | <b>FRECUENCIA REVISIÓN</b> | Mensual |
| <b>FUENTE DE DATOS</b>        | Costos del Laboratorio   | <b>UNIDAD</b>              | \$      |

---

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>RESPONSABLE</b> | El responsable de la recolección es el técnico del Laboratorio y el del respectivo análisis es el encargado. |
|--------------------|--|

---

#### 6.4. Indicador aprovechamiento de la capacidad

En este indicador básicamente se quiere medir la demanda mensual con la capacidad del Laboratorio, por lo tanto, el resultado va a generar un porcentaje de aprovechamiento de esta capacidad y se espera que sea del 100%, es decir, que las muestras realizadas en el mes correspondan al número máximo de secciones que se pueden procesar en el Laboratorio. Al igual que el anterior indicador, se espera un aumento gradual del resultado que se obtenga.

**Tabla 3.**

*Indicador de aprovechamiento de la capacidad*

| <b>Ficha Técnica</b>          |  |   |         |
|-------------------------------|--|---|---------|
| <b>NOMBRE DEL INDICADOR</b>   | <b>APROVECHAMIENTO DE LA CAPACIDAD</b>   |   |         |
| <b>OBJETIVO DEL INDICADOR</b> | Medir la utilización de la capacidad real del Laboratorio.   |   |         |
| <b>TIPO DE INDICADOR</b>      | De eficiencia  |   |         |
| <b>FORMULA DE CÁLCULO</b>     | NUMERADOR  | $\frac{\# \text{ Muestras realizadas}}{\# \text{ Muestras máx que puede realizar}} * 100$ |         |
|                               | DENOMINADOR  |   |         |
| <b>FRECUENCIA RECOLECCIÓN</b> | Mensual  | <b>FRECUENCIA REVISIÓN</b>  | Mensual |
| <b>FUENTE DE DATOS</b>        | Bitácora del Laboratorio y política de tiempos de entrega.   | <b>UNIDAD</b>   | %       |
| <b>RESPONSABLE</b>            | El responsable de la recolección es el técnico del Laboratorio y el del respectivo análisis es el encargado. |   |         |

---

### 6.5. Indicador nivel de satisfacción de los usuarios

Es necesario medir la satisfacción de los clientes en todo servicio, para tomar acciones correctivas sobre las no conformidades y actuar sobre la mejora continua de los procesos y del servicio atendiendo las necesidades de los usuarios. A partir del indicador, se puede saber el porcentaje de clientes que están satisfechos con el servicio, se espera que el resultado sea del 100%, mostrando el compromiso y el aseguramiento de la calidad de las muestras procesadas en el Laboratorio.

**Tabla 48.**

*Indicador de nivel de satisfacción usuarios*

| <b>Ficha Técnica</b>          |  |   |         |
|-------------------------------|--|---|---------|
| <b>NOMBRE DEL INDICADOR</b>   | <b>NIVEL DE SATISFACCIÓN DE LOS USUARIOS</b>   |   |         |
| <b>OBJETIVO DEL INDICADOR</b> | Medir la satisfacción de los usuarios del Laboratorio tras los servicios ofrecidos.                          |   |         |
| <b>TIPO DE INDICADOR</b>      | De efectividad   |   |         |
| <b>FORMULA DE CÁLCULO</b>     | NUMERADOR  | $\frac{\# \text{ Muestras realizadas} - \# \text{ No conformidades}}{\# \text{ Muestras realizadas}} * 100$ |         |
|                               | DENOMINADOR  |   |         |
| <b>FRECUENCIA RECOLECCIÓN</b> | Mensual  | <b>FRECUENCIA REVISIÓN</b>  | Mensual |
| <b>FUENTE DE DATOS</b>        | Bitácora del Laboratorio   | <b>UNIDAD</b>   | %       |
| <b>RESPONSABLE</b>            | El responsable de la recolección es el técnico del Laboratorio y el del respectivo análisis es el encargado. |   |         |

Con este se termina el sistema de indicadores de gestión propuesto para la medición y control de las mejoras implementadas en el Laboratorio, el cual fue revisado por el Técnico y aprobado por el encargado.

## **7. Programa de capacitación**

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron distintas socializaciones con el encargado del Laboratorio y la profesional de apoyo, dando a conocer los avances y las propuestas que se tenían. Con el técnico se trabajó en conjunto, por lo tanto, hubo capacitación y retroalimentación todo el tiempo en cuanto a las mejoras y las implementaciones que se realizaban.

Se realizó una primera socialización después de concluir con el diagnóstico, presentando el documento y los resultados más importantes. Después de esto, se citó una reunión para discutir aspectos relacionados al plan de implementación de las propuestas, en donde, el encargado aprobó lo planteado y se dio lugar a realizar un cronograma conforme a los entregables que requería la Escuela para subir al Plan de Gestión.

Finalmente se realizó una reunión con personal de la Escuela de Geología quienes tenían interés en lo realizado en el Laboratorio, con el fin de exponer los resultados del proyecto y las recomendaciones finales por parte del autor para mejoramiento de los procesos a futuro.

Con el Técnico, se realizaron capacitaciones constantes donde cada entregable se le explicaba el respectivo manejo recalcando la importancia de mantener su uso en el tiempo para identificar oportunidades de mejora o determinar acciones correctivas a posibles problemas que puedan surgir, todo esto enfocado en crear la filosofía del mejoramiento continuo.

Como entregable para este capítulo, se realizó un programa de capacitación (Ver Apéndice 39), el cuál será útil para personal nuevo que ingrese al Laboratorio, pues de ahí, el técnico actual se puede guiar para realizar el respectivo empalme y explicar lo realizado en el marco del proyecto para que la nueva persona pueda seguir con el mejoramiento continuo de los procesos.

## **8. Conclusiones**

Mediante el diagnóstico, se identificó dos problemas principales correspondientes a los reprocesos y el incumplimiento en los tiempos de entrega, adicional, se observó que el Laboratorio no tenía los costos de sus servicios definidos y había incertidumbre sobre la precisión de los precios de venta; por lo tanto, para resolver parcial y completamente estos inconvenientes se planteó realizar la estandarización de los procesos, una definición de capacidad, costos y propuestas para la actualización de precios de venta.

Mediante la estandarización de los procesos, se obtuvo que los reprocesos que venía teniendo el Laboratorio disminuyeron en un 74% debido que en el diagnóstico se observó que alrededor del 20% de las operaciones tenían que ser reprocesadas y en la validación del método estandarizado se observó un 5,2% causado por naturaleza de la muestra, lo que quiere decir, que este porcentaje puede disminuir. En cuanto, al problema de los reprocesos en general, inicialmente se preveía solucionar el problema un 75%, con la implementación del proyecto se puede decir que se solucionó un 55,55% y se espera que, con el tiempo, llegue a los 75%.

Mediante la definición de la capacidad, se construyó una política de cumplimiento en los tiempos de entrega, el cual brinda con más certeza el tiempo necesario para procesar una muestra solicitada. Inicialmente, las no conformidades correspondientes a incumplimientos en tiempos de

entrega correspondían a un 18,7% y durante el periodo del proyecto, no se tuvo ningún incumplimiento, por lo tanto, su disminución fue significativa, lo que permite establecer que la política planteada es correcta. En cuanto, al problema en general, inicialmente se preveía solucionar el problema un 60% y con la implementación del proyecto, se pudo lograr esta solución.

Mediante la definición de costos, se pudo construir la estructura de costos correspondiente a los servicios e identificar los que son fijos y variables. También, se observó que el costo más representativo corresponde a los materiales directos, siguiéndole la mano de obra directa y por último los costos indirectos de fabricación. Finalmente, se pudo concluir que actualmente el Laboratorio estaba teniendo pérdidas debido a que la demanda de servicios no correspondía a la capacidad, lo que aumentaba la distribución de costos fijos en los servicios realizados y de esta manera los márgenes de utilidad daban negativos.

Mediante la actualización de precios de venta, se realizaron tres propuestas de precios, la primera correspondiente a la filosofía que tenía el director de la Escuela, y las otras a criterio del autor. A partir del análisis de la competencia directa y las empresas extranjeras, se concluye que los precios que actualmente maneja el Laboratorio están más altos, por lo tanto, se considera bajar los precios con el fin de ser más competitivos en el mercado, también porque la demanda de servicios está muy baja comparándola con la capacidad que tiene el Laboratorio; a partir de esto fueron planteadas las propuestas de precios y fueron presentadas con su respectivo análisis para que la dirección del Laboratorio, junto al encargado tomen decisiones para fijarlo.

Los cinco indicadores de gestión presentados le permitirán al Laboratorio medir y controlar las mejoras implementadas, los cuales fueron: Nivel de reprocesos en la producción, Nivel de cumplimiento en las entregas, Costo por tiempo no productivo, Aprovechamiento de la capacidad, Nivel de satisfacción de los usuarios. También, mediante la socialización y capacitación al

personal del Laboratorio se pudo enfatizar en la importancia de mantener la filosofía de la mejora continua.

## **9. Recomendaciones**

Realizar un sistema de control de inventarios, que permita saber con claridad la materia prima que actualmente tiene el Laboratorio y donde se pueda registrar las entradas y las salidas, de esta manera se mejora la rotación de insumos y la facilidad de abastecimiento; esto es importante debido a que muchos productos son importados o salen más económicos si se importan, por lo tanto, se debe tener presente las cantidades con las que se cuenta y las necesidades del Laboratorio.

Realizar un programa de mantenimiento y calibración para los equipos y las balanzas del Laboratorio, para asegurar que no haya contratiempos en las entregas de las muestras por algún daño o malas medidas. De esta manera, también se cuida más, lo que permitiría aumentar la vida útil.

Realizar capacitaciones constantemente al Técnico del Laboratorio, con el fin de que se actualice sobre nuevas prácticas de manufactura en materia, que se puedan implementar y mejoren los resultados del método actual. También, se sugiere capacitarlo sobre el correcto manejo de reactivos químicos y de derrames, enfocándose en los que se utilizan en el Laboratorio; esto es de vital importancia para potenciar un ambiente de trabajo seguro.

Continuar usando los entregables realizados al Laboratorio. Seguir los manuales de procedimiento, utilizar la plantilla de política de tiempos de entrega, monitorear los costos constantemente, realizar la fijación de los precios de venta teniendo en cuenta el análisis planteado

y medir los resultados a través de los indicadores planteados con el fin de corregir situaciones de manera temprana.

Plantear una estrategia de marketing digital para atraer prospectos al Laboratorio, con el fin de ganar un posicionamiento en el mercado y así, aumentar la demanda, lo que disminuye los costos de los servicios ofertados y a su vez, permite aumentar los precios de venta. La meta del Laboratorio debe ser aumentar el número de clientes para no generar pérdidas.

Adquirir muebles para almacenar de una mejor manera la materia prima, poder separarla y tener una mejor ubicación. También analizar la compra de una silla que le permita al técnico realizar ciertas de sus operaciones sentado, para conservar su salud. Y, por último, una nevera de aproximadamente 50 litros que permita guardar adecuadamente los pegantes que se utilizan en el Laboratorio.

### Referencias Bibliográficas

- Baca, Gabriel., Cruz, M., Cristobal, M., Baca, G., Gutiérrez, J., Pacheco, A., Rivera, Á., Rivera, I., & Obregón, M. (2014). *Introducción a la ingeniería industrial*. Larousse - Grupo Editorial Patria.
- Carro, R., & González, D. (n.d.). *Administración de la calidad total*.
- Chase, R., & Jacobs, R. (2014). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministro* (J. Mares, Ed.; 13a ed.). Mc Graw-Hill.
- García, R. (2005). *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo* (Segunda). McGraw Hill.
- Gañi Avila, N. (2008). *Precio. Variable clave en el marketing* (Pearson Educación).
- Gutiérrez, N. (2021). *Mejoramiento de los procesos productivos de la empresa Tostadora de Café Bon Ami Ltda.* Universidad Industrial de Santander.
- Harrington, H. J. (1993). *Mejoramiento de los procesos productivos de la empresa* (L. Rodríguez, Ed.; Mc Graw Hill).
- Hernández, N. (2021). *Mejoramiento de los procesos productivos de la empresa Deportes Vera Lima y Cía. Ltda.* Universidad Industrial de Santander.
- Johnson, E., Liu, J., & Peale, M. (n.d.). *INTRODUCTION TO PETROLOGY*. Thin Sections. Retrieved December 19, 2023, from <https://viva.pressbooks.pub/petrology/chapter/thin-sections/>
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2013a). *Administración de Operaciones Procesos y cadena de suminitros* (Décima). Pearson Educación.

- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2013b). *Administración de Operaciones Procesos y cadena de suministros* (Décima). Pearson Educación.
- Llerena, C. (2022, August 1). *Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas*.
- Londoño Escobar, J. I., Mojica Buitrago, J., Molano Mendoza, J. C., Cañón Romero, Y., Mosquera, G. S., Ruiz Solano, V., Oneida Pérez, N., Gutiérrez, H. M., González, M. del C., Concha, H., Galindo, B., Londoño Madrigal, S. E., & Buriticá, J. J. (2010). *Técnicas mineralógicas, químicas y metalúrgicas para la caracterización de menas auríferas*.
- Luis, S., Garcia, L., & Villarreal, F. (2014). Six Sigma: Factores y conceptos claves. *Investigación Operativa*.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (Duodécima Edición). McGraw Hill.
- Ortiz, N. (2014). *Herramientas básicas para el análisis y mejoramiento de la productividad en procesos de manufactura*.
- Pabón, H. (2010). *Fundamentos de Costos*. Alfaomega.
- Pérez, D., & Pérez, I. (2006). *El Precio. Tipos y Estrategias de fijación*.
- Pineda, Lady. (2019). *El modelo Deming (PHVA) como estrategia competitiva para realzar el potencial administrativo*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Rodríguez, E. (2012). *Guía para la construcción de indicadores de gestión*.
- Rodríguez, L. (2007). *PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA BÁSICA PARA INGENIEROS*.
- Rojas, K. (2020). *Mejoramiento de los procesos productivos de la empresa Empanadas, Precocidos y Arepas de Colombia S.A.S*. Universidad Industrial de Santander.

Servicio Geológico de México. (2017, March 22). *Petrografía*.

<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Petrografia.html#:~:text=La%20Petrografia%20es%20un%20campo,su%20textura%20y%20composici%C3%B3n%20mineral%C3%B3gica>.

USO. (2021, August 24). *TME: lesiones que podemos sufrir si nuestro trabajo es sentado o de pie*.

<https://www.uso.es/tme-lesiones-que-podemos-sufrir-si-nuestro-trabajo-es-sentado-o-de-pie/>