

Actualización del Manual de Prácticas de Laboratorio para la Asignatura Ingeniería de Calidad  
en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de  
Santander.

Karen Xiomara Angarita Guerrero y María Paula Aranguren Ariza

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Industrial

Director

Juan Camilo Lesmez Peralta

Magister en Gerencia de Negocios

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2021

### **Dedicatoria**

*A Dios por haber guiado mis pasos, permitiéndome afrontar con paciencia las dificultades y disfrutar de muchos momentos inolvidables en el cumplimiento de mis metas.*

*A mis padres Eduardo y Sonia por entregarme su confianza, amor y apoyo incondicional. Ustedes nunca han dejado de creer en mí y me han dado todo para querer ser cada día mejor.*

*A Magda que me acompañó y me dio el impulso cuando parecía que me iba a rendir, por aconsejarme día tras día con cariño y siempre desearme lo mejor.*

*A Paula por darme la fortaleza y el valor para culminar este proyecto, por compartir mis sueños siempre con la mejor actitud y acompañarme a lo largo de estos años.*

*A mis demás familiares y amigos que estuvieron a mi lado cada uno a su manera, conociéndome, construyéndome y aportando para lograr este triunfo que es de todos.*

### **KAREN**

*A Dios por ser la fuerza en mi camino, por brindarme los medios para no darme por vencida frente a las adversidades, llevándome a culminar esta etapa de mi vida en completa paz y felicidad.*

*A mis padres Cesar y Nelly quienes, con su apoyo incondicional y dedicación, han fortalecido mi vida en el amor y la entrega, impulsándome a no rendirme y mantenerme siempre en la lucha por mis sueños.*

*A mi hermano Sergio quien a través de sus maneras siempre me ha impulsado a crecer y me ha retado a ser mejor, quien me ha demostrado que con esfuerzo todo se logra y que no existen imposibles desde que uno crea en sus sueños. A ti que eres el mayor orgullo y ejemplo para mi vida.*

*A mi Gabi hermosa, fuente de felicidad y amor, que con su presencia llego a cambiar todo, que me motivo a plantearme nuevas metas y ser ejemplo en cada paso de mi camino.*

*A Karen por aguantarme, apoyarme y acompañarme en este camino. Por ser la mejor compañera que podría desear y compartir conmigo la visión de este sueño que hoy hacemos realidad. ¡Amiga lo logramos!*

*A mis amigos y a todas las personas que hicieron parte de este proceso porque gracias a ustedes con su apoyo y colaboración puedo decir que he alcanzado una meta.*

### **PAULA**

*A CONESII por enseñarnos que la educación está más allá de la asistencia a un aula, por ser compañía en la lucha y el reconocimiento de nuestros derechos. Ustedes por siempre en nuestros corazones.*

### **Agradecimientos**

Los autores expresan agradecimiento a:

Nuestras familias por la confianza que nos demuestran día a día, por su trabajo inalcanzable en forjarnos los mejores valores y motivarnos constantemente a alcanzar nuestros sueños. Nos han enseñado que con esfuerzo y constancia todo se consigue, y que en esta vida lo más valioso no es aquello que tenemos, sino a quién tenemos.

El profesor Juan Camilo Lesmez Peralta por su dirección, asesoría y colaboración durante todo el desarrollo de nuestra tesis.

La Universidad Industrial de Santander por ser el espacio de crecimiento y formación durante todos estos años.

Los profesores de la Universidad Industrial de Santander que a lo largo de nuestra carrera impartieron sus conocimientos con total agrado y compromiso.

Nuestros compañeros y amigos por sus consejos, motivación y compañía durante nuestro proceso formativo.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	14
1. Planteamiento del problema.....	17
2. Justificación .....	17
3. Objetivos .....	20
3.1. Objetivo General.....	20
3.2. Objetivos Específicos.....	20
4. Resultados Esperados.....	20
5. Marco de referencia .....	22
5.1. Marco de antecedentes .....	22
5.1.1. Diseño de manual didáctico para el uso del laboratorio de tecnología industrial e ingeniería de producción.....	22
5.1.2. Diseño de guías de laboratorio para desarrollar habilidades profesionales en la asignatura Automatización del programa de ingeniería industrial.....	22
5.1.3. Sistema de Laboratorios Remotos para la práctica de Ingeniería de Control .....	23
5.2. Marco Teórico.....	24
5.2.1. Calidad .....	24
5.2.2. Benchmarking .....	26
5.2.2.1. Benchmarking interno.....	26
5.2.2.2. Benchmarking competitivo.....	26
5.2.2.3. Benchmarking funcional o genérico .....	27

5.2.3. Modelos de aprendizaje .....	28
5.2.3.1. Teoría conductista .....	28
5.2.3.2. Teoría cognitivista .....	29
5.2.3.3. Teoría sociocultural .....	29
5.2.3.4. Teoría constructivista.....	30
5.2.3.4.1. Ambientes de aprendizaje .....	30
5.2.3.4.2. Proyectos de trabajo.....	31
5.2.4. Prácticas de laboratorio.....	31
5.2.5. Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) .....	32
5.2.6. Revolución industrial 4.0.....	33
5.2.6. Laboratorio remoto (LR).....	33
5.2.7. Software Minitab .....	34
6. Metodología .....	34
6.1. Primera etapa: Reflexión.....	36
6.2. Segunda etapa: Teorización .....	37
6.3. Tercera etapa: Aplicación sobre lo aprendido .....	39
7. Elaboración del Manual de Prácticas de Laboratorio de Ingeniería Industrial: Ingeniería de Calidad .....	40
7.1. Informe del estudio diagnóstico.....	40
7.1.1. Estado actual del Manual de Prácticas de Ingeniería Industrial: Ingeniería de la calidad..	40
7.1.1.1. Valoración del contenido .....	40
7.1.1.2. Análisis teórico de la asignatura Ingeniería de Calidad.....	43
7.1.1.3. Análisis perceptivo de los estudiantes respecto a las prácticas de laboratorio vigentes..	43

7.1.1.3.1. Instrumento para recolección de la información.....	43
7.1.1.3.2. Análisis de los resultados obtenidos .....	45
7.1.2. Análisis de brechas a partir del benchmarking. ....	52
7.1.3. Conclusiones del estudio diagnostico .....	55
7.1.3.1. Los equipos. ....	56
7.1.3.2. Los materiales. ....	56
7.1.3.3. El método. ....	57
7.1.3.4. El contenido. ....	57
7.2. Descripción de modelos de enseñanza y mediaciones pedagógicas afines .....	58
7.3. Propuesta de manual de prácticas de ingeniería de calidad .....	68
7.3.1. Componentes de las prácticas de laboratorio contenidas en el Manual.....	68
7.3.1.1. Acción 1. Reflexiva .....	68
7.3.1.1.1. Objetivos.....	68
7.3.1.1.2. Casos de estudio.....	69
7.3.1.1.3. Situación problema .....	69
7.3.1.2. Acción 2. Teórica.....	69
7.3.1.2.1. Fundamentación teórica .....	69
7.3.1.3. Acción 3. Aplicación sobre lo aprendido.....	69
7.3.1.3.1. Instrumentos, materiales y equipos.....	69
7.3.1.3.2. Descripción de la práctica.....	69
7.3.1.3.3. Preguntas.....	69
7.3.1.4. Bibliografía .....	69
7.3.2. Estructura del manual de prácticas de laboratorio .....	70

ACTUALIZACIÓN DEL MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	7
7.3.2.1. Portada .....	70
7.3.2.2. Contenidos .....	70
7.3.2.3. Introducción .....	73
7.3.2.4. Prácticas de laboratorio.....	73
7.3.2.4.1. Histogramas .....	74
7.3.2.4.2. Gráficos de Control por Variables .....	74
7.3.2.4.3. Gráficos de Control por Atributos .....	75
7.3.2.4.4. Repetibilidad y Reproducibilidad .....	76
7.3.2.4.5. Muestreo de Aceptación .....	76
7.3.2.4.6. Capacidad del Proceso .....	76
7.3.2.5. Bibliografía .....	77
7.3.2.6. Apéndices del Manual de prácticas de laboratorio .....	78
7.3.2.6.1. Manual de Minitab para la Ingeniería de Calidad.....	78
7.3.2.6.2. Guía para la elaboración de informes .....	78
8. Conclusiones .....	78
9. Recomendaciones .....	80
Referencias Bibliográficas .....	82

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Cumplimiento de objetivos.....	16
Tabla 2. Resultados - entregables del proyecto .....	21
Tabla 3. Relación entre características de los ambientes de aprendizaje y tipologías posibles ....	35
Tabla 4. Observaciones teóricas .....	41
Tabla 5. Observaciones experimentales.....	42
Tabla 6. Estudiantes matriculados en la asignatura ingeniería de calidad.....	44
Tabla 7. Propósito de las preguntas pertenecientes a la encuesta.....	44
Tabla 8. Análisis de brechas a partir del benchmarking .....	53
Tabla 9. Análisis comparativo de los modelos de enseñanza .....	60

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Etapas de la metodología de ambientes de aprendizaje.....	36
Figura 2. Tabla de contenido del manual de prácticas de laboratorio vigente.....	40
Figura 3. Gráfico circular pregunta 2.....	46
Figura 4. Gráfico circular pregunta 3.....	46
Figura 5. Gráfico circular pregunta 4.....	47
Figura 6. Gráfico circular pregunta 5.....	48
Figura 7. Gráfico circular pregunta 6.....	48
Figura 8. Gráfico circular pregunta 7.....	49
Figura 9. Gráfico circular pregunta 8.....	49
Figura 10. Gráfico circular pregunta 9.....	50
Figura 11. Gráfico circular pregunta 10.....	50
Figura 12. Gráfico circular pregunta 11.....	51
Figura 13. Gráfico circular pregunta 12.....	51
Figura 14. Gráfico circular pregunta 13.....	52
Figura 15. Gráfico circular pregunta 14.....	52
Figura 16. Principales causas del problema de desactualización.....	56
Figura 17. Visualización del mapa de revisión literaria .....	59
Figura 18. Matriz de cuatro cuadrantes de aprendizaje de Kolb.....	62
Figura 19. Organización espacial activa .....	64
Figura 20. Metodología para llevar a cabo el desarrollo de la asignatura .....	65

Figura 21. Etapas de identificación, análisis y diseño de las prácticas ..... 66

Figura 22. Formato de las prácticas de laboratorio ..... 68

Figura 23. Portada del manual de prácticas de laboratorio ..... 70

Figura 24. Tabla de contenido del manual de prácticas de laboratorio ..... 71

Figura 25. Lista de tablas del manual de prácticas de laboratorio ..... 71

Figura 26. Lista de figuras del manual de prácticas de laboratorio ..... 72

Figura 27. Lista de apéndices del manual de prácticas de laboratorio..... 72

Figura 28. Introducción del manual de prácticas de laboratorio..... 73

Figura 29. Bibliografía del manual de prácticas de laboratorio..... 77

### **Lista de Apéndices**

(Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS)

Apéndice A. Ranking Universidades Nacionales 2020

Apéndice B. Plan de estudios programa de Ingeniería Industrial Universidades Nacionales

Apéndice C. Ranking Universidades QS LATAM 2020

Apéndice D. Plan de estudios programa de Ingeniería Industrial Universidades Internacionales

Apéndice E. Encuesta de satisfacción

Apéndice F. Resultados de la encuesta de satisfacción

Apéndice G. Manual de Prácticas de Laboratorio de Ingeniería Industrial - Ingeniería de Calidad

Apéndice H. Manual de Minitab

Apéndice I. Guía para la Elaboración de Informes

## Resumen

**Título:** Actualización del manual de prácticas de laboratorio para la asignatura ingeniería de calidad en la escuela de estudios industriales y empresariales de la Universidad Industrial de Santander\*

**Autor:** Karen Xiomara Angarita Guerrero, María Paula Aranguren Ariza \*\*

**Palabras Clave:** Calidad, manual, laboratorio.

**Descripción:** En el presente documento se expone el nuevo Manual de Practicas de Laboratorio de Ingeniería Industrial: Ingeniería de Calidad como una herramienta didáctica con implementación de recursos TICS, que presenta a través de mejoras pedagógicas, el desarrollo del componente práctico de la asignatura aplicando la metodología de ambientes de aprendizaje en base a la teoría constructivista, logrando integrar de forma activa al estudiante en su proceso de enseñanza.

El nuevo manual se diseña a partir de una descripción previa del manual de prácticas vigente, una encuesta de satisfacción aplicada a los estudiantes que han cursado la asignatura y un benchmarking con universidades nacionales e internacionales que ofrecen el programa de ingeniería industrial, con lo que se estructura la información necesaria para realizar las prácticas de laboratorio definidas en la asignatura Ingeniería de Calidad, por medio de conceptos básicos teóricos que cuentan con su respectiva bibliografía, casos de estudio para el análisis y procedimientos más claros, ordenados y completos que profundizan los temas a tratar para el correcto desarrollo de las prácticas. A esto se suma la creación de un manual de prácticas de Minitab para la aplicación de los métodos que contribuyen al control de la calidad y una guía para la elaboración de informes de laboratorio.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Juan Camilo Lesmez Peralta. Magister en Gerencia de Negocios.

### Abstract

**Title:** Update of the laboratory internship manual for the subject quality engineering at the school of industrial and business studies of the Industrial University of Santander\*

**Author:** Karen Xiomara Angarita Guerrero, María Paula Aranguren Ariza \*\*

**Key Words:** Quality, manual, laboratory.

**Description:** This document presents the new Industrial Engineering Laboratory Practice Manual: Quality Engineering as a didactic tool with implementation of ICT resources, which presents through pedagogical improvements, the development of the practical component of the subject applying the methodology of learning environments based on constructivist theory, making an actively integrating of the student in its teaching process.

The new manual is designed on the basis of a prior description of the current practice manual, a satisfaction survey applied to students who have taken the subject and a benchmarking with national and international universities that offer the industrial engineering program, wherewith the information necessary to carry out the laboratory practices defined in the subject Quality Engineering is structured by means of theoretical basic concepts that have their respective bibliography, case studies for analysis and clearer, orderly and comprehensive procedures that deepen the topics to be addressed for the proper development of practices. To this is added the creation of a Minitab practices manual for the application of the methods that contribute to the quality control and a guide for the elaboration of laboratory reports.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Industrial and Business Studies. Director: Juan Camilo Lesmez Peralta. Master in Business Management.

## Introducción

Las prácticas de laboratorio implican un proceso de enseñanza-aprendizaje, que permite a los estudiantes tener contacto con elementos capaces de proporcionar una visión real de posibles situaciones, que se pueden presentar en un entorno determinado. Gracias a las observaciones realizadas en los experimentos, los estudiantes pueden desarrollar habilidades cognitivas y destrezas que favorecen el planteamiento del problema, la creación de hipótesis y el análisis de resultados, generando una evaluación coherente de la situación que conlleva a la solución de la dificultad encontrada. (Jiménez 2014; López y Tamayo 2012)

Actualmente, se presenta la necesidad de dar a los estudiantes de educación superior una amplia percepción de las posibles situaciones que se encontrarán en el campo laboral, asegurando que las competencias desarrolladas y el conocimiento teórico adquirido en el aula, son idóneos para el desempeño profesional de los egresados. En este sentido, las prácticas de laboratorio implementadas deben ajustarse a los contenidos modernos en cualquier disciplina y en la creación de competencias que amplíen la excelencia en la formación de profesionales en el área de calidad.

Por ello, se ha diseñado e implementado la actualización del manual de prácticas de laboratorio, que favorecen el contenido de la asignatura ingeniería de calidad, y son adecuadas para complementar las bases teóricas, desarrollar habilidades y destrezas en los estudiantes de ingeniería industrial de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales en la Universidad Industrial de Santander a través de mejoras pedagógicas e implementación de las TIC.

Las prácticas han sido estructuradas bajo una metodología de ambientes de aprendizaje en un entorno de teoría constructivista, de modo que ofrecen al estudiante involucrarse en un proceso activo y son pieza clave de su propio aprendizaje. Dicha metodología se plantea desde una perspectiva dirigida a los estudiantes y docentes involucrados en el estudio de la asignatura

Ingeniería de calidad, ofreciendo la información necesaria para el correcto desarrollo de las prácticas de laboratorio, en base a una serie de etapas de fundamentación, estructura y aprendizaje.

Se inicia con la lectura y descripción del manual de prácticas de laboratorio vigente en la asignatura Ingeniería de Calidad del año 2005, y junto con la aplicación de una encuesta de satisfacción a los estudiantes que cursaron la asignatura en los últimos semestres, se detectan las necesidades y problemáticas que requieren ser modificadas en el manual y se justifica la realización del proyecto. Luego, se realiza un análisis comparativo, mediante un benchmarking, de las prácticas de laboratorio aplicadas en asignaturas a fines al área de Ingeniería de Calidad, en universidades nacionales e internacionales que ofrecen el programa de Ingeniería Industrial, logrando identificar las ventajas y desventajas del contenido actual del manual. Se continúa con una revisión bibliográfica en la que se exploran modelos de enseñanza y mediaciones pedagógicas que aporten como referentes teóricos y metodológicos aplicados en la práctica y la experimentación, que se ajusten a las necesidades y se apoyen en el entorno de las TIC.

Finalizando así, con la fase proyectiva del diseño de un formato guía a docentes y estudiantes, del manual de prácticas de laboratorio actualizado para la asignatura Ingeniería de Calidad en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander.

En la Tabla 1 se menciona los capítulos en donde se evidencia el cumplimiento de los objetivos establecidos.

**Tabla 1.**

*Cumplimiento de objetivos*

<i>Objetivos Específicos</i>	<i>Cumplimiento</i>
1. Realizar un diagnóstico del estado actual del Manual de prácticas de laboratorio vigente en la asignatura ingeniería de calidad desde 2005.	Capítulo 7 sección 7.1.
2. Analizar mediante un benchmarking las prácticas de laboratorio aplicadas para ingeniería de calidad en universidades colombianas y universidades internacionales.	Capítulo 7 sección 7.1.
3. Establecer los modelos de enseñanza y mediaciones pedagógicas en la práctica y la experimentación que serán de utilidad para la formulación de las prácticas de laboratorio.	Capítulo 7 sección 7.2.
4. Proponer nuevas prácticas de laboratorio apoyadas en las TIC, teniendo en cuenta la revisión de la literatura, el diagnóstico del manual vigente, los indicadores de aprendizaje definidos en el programa de la asignatura y el perfil del egresado del programa académico de ingeniería industrial.	Capítulo 7 sección 7.3.

## **1. Planteamiento del problema**

La Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander, con el fin de ofertar profesionales capaces de resolver problemas con propuestas innovadoras, que incrementen la competitividad mediante la creatividad y el conocimiento, utiliza medios teóricos y prácticos que permiten desarrollar tales competencias. Con el objetivo de satisfacer las necesidades del mercado, en cuanto a la gestión y control de la calidad como una estrategia organizativa, la escuela posee un manual de prácticas de laboratorio de ingeniería de calidad que pretende la mejora continua. La realización de prácticas con equipo de laboratorio y prototipos didácticos, consolidan los conceptos adquiridos en el aula e impulsan el autoaprendizaje. En ellas, se puede apreciar una variedad de métodos y herramientas que complementan la formación del ingeniero industrial. A pesar de ser una contribución muy valiosa, por causa de la evolución en literatura y temáticas que ha tenido la materia en los últimos años, se evidencia discrepancias en los contenidos y en los enfoques metodológicos que implementan los docentes involucrados. Así, el propósito que aquí se pretende, es actualizar y estandarizar el manual de prácticas de laboratorio, a través de mejoras pedagógicas e implementación de las TIC, que enriquezcan el desarrollo de prácticas en espacios y entornos virtuales con características innovadoras, adaptadas a la realidad del entorno, formando profesionales con excelencia y reconocidos por su alta capacidad de aporte a las empresas.

## **2. Justificación**

La globalización en la educación superior impone la necesidad de adaptar y mejorar las distintas áreas disciplinarias. Como instrumento de universalización, la tecnología de la información le otorga al profesional la capacidad de convertir la voluminosa información en

conocimiento útil, ampliando sus competencias para incorporarse en un entorno laboral cambiante, que reclama una formación de calidad hacia un escenario nacional y mundial.

Los futuros profesionales necesitan ambientes que propicien un acercamiento a la práctica de manera contextualizada, por lo que, necesitan enfoques innovadores. La esencia del proceso de innovación es de naturaleza continua, ya que el incremento del conocimiento se consigue a través del tiempo y con el apoyo de actividades de I+D, entre las que se encuentra el aprendizaje por la práctica o el aprender haciendo (learning by doing). De manera que, contar con espacios de enseñanza empíricos óptimos, que implementen metodologías de enseñanza – aprendizaje (aprendizaje activo, aprendizaje significativo, modelos auto – estructurantes y aprendizaje cooperativo), puede contribuir de una manera eficaz a conseguir las cualidades que la sociedad requiere de los nuevos profesionales y a las que puede colaborar el docente con apoyo de tecnologías y con un cambio en el enfoque pedagógico (Esquembre, 2004; como se citó en Contreras et al., 2015). A su vez, cautiva el interés de los estudiantes, implicándolos en su formación y en la comprensión de diversos escenarios.

Para los ingenieros industriales es indispensable la calidad debido a su importancia en el desarrollo, aplicación y mantenimiento de estándares en procesos, materiales, productos y servicios, lo que posibilita la optimización de procesos, disminución en los costos y aumento en la productividad. Adicionalmente, la calidad permite garantizar la supervivencia y crecimiento de la rentabilidad en la organización, haciéndola más competitiva y permitiendo la constante satisfacción de los clientes. Su función dentro de las organizaciones, su impacto en el mercado, el progresivo aumento del interés de la comunidad académica, los cambios que ha sufrido en sus principios y prácticas, y la organización de los expertos en la materia son indicadores de su avance. Por estas razones, disponer de prácticas de laboratorio afines al entorno cambiante y competitivo

es esencial, ya que a partir de actividades curriculares y de investigación, se despierta el interés general por adquirir conocimiento, contrastar con pares y relacionar temas específicos con los intereses propios, para generar nuevas formas de solucionar problemas mediante el desarrollo de un pensamiento autónomo, crítico y creativo.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo General**

Diseñar y formular las prácticas de laboratorio que permitan actualizar el manual vigente en la asignatura ingeniería de calidad, para estandarizar su metodología con apoyo de las TIC.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico del estado actual del Manual de prácticas de laboratorio vigente en la asignatura ingeniería de calidad desde 2005.
- Analizar mediante un benchmarking las prácticas de laboratorio aplicadas para ingeniería de calidad en universidades colombianas y universidades internacionales.
- Establecer los modelos de enseñanza y mediaciones pedagógicas en la práctica y la experimentación que serán de utilidad para la formulación de las prácticas de laboratorio.
- Proponer nuevas prácticas de laboratorio apoyadas en las TIC, teniendo en cuenta la revisión de la literatura, el diagnóstico del manual vigente, los indicadores de aprendizaje definidos en el programa de la asignatura y el perfil del egresado del programa académico de ingeniería industrial.

### **4. Resultados Esperados**

Los resultados esperados del presente proyecto se consignan en la Tabla 2 organizados cronológicamente de acuerdo con los objetivos específicos y las actividades para alcanzar dichos objetivos.

**Tabla 2.***Resultados - entregables del proyecto*

<i>Objetivos Específicos</i>	<i>Actividades/Etapas</i>	<i>Resultado</i>
Realizar un diagnóstico del estado actual del Manual de prácticas de laboratorio vigente en la asignatura ingeniería de calidad desde 2005.	1. Valoración del contenido del Manual de Prácticas de Ingeniería Industrial: Ingeniería de la calidad. 2. Análisis teórico de la asignatura Ingeniería de Calidad. 3. Análisis perceptivo de los estudiantes respecto a las prácticas de laboratorio vigentes.	Informe del diagnóstico realizado al manual de prácticas de laboratorio vigente para la asignatura ingeniería de calidad.
Analizar mediante un benchmarking las prácticas de laboratorio aplicadas para ingeniería de calidad en universidades colombianas y universidades internacionales.	4. Selección de universidades nacionales e internacionales. 5. Identificación de asignaturas semejantes a Ingeniería de Calidad. 6. Recolección de datos relevantes de la asignatura y de las prácticas de laboratorio. 7. Análisis comparativo con las universidades nacionales e internacionales seleccionadas.	Análisis de brechas a partir del benchmarking con universidades nacionales e internacionales.
Establecer los modelos de enseñanza y mediaciones pedagógicas en la práctica y la experimentación que serán de utilidad para la formulación de las prácticas de laboratorio.	8. Revisión bibliográfica de referentes teóricos y metodológicos. 9. Análisis de modelos de enseñanza y mediaciones pedagógicas. 10. Selección de modelos de enseñanza y mediaciones pedagógicas.	Descripción y selección de modelos de enseñanza y mediaciones pedagógicas afines al propósito de las prácticas a desarrollar.
Proponer nuevas prácticas de laboratorio apoyadas en las TIC, teniendo en cuenta la revisión de la literatura, el diagnóstico del manual vigente, los indicadores de aprendizaje definidos en el programa de la asignatura y el perfil del egresado del programa académico de ingeniería industrial.	11. Identificación de los componentes prácticos a incluir en el manual de laboratorio. 12. Diseño de las nuevas prácticas de laboratorio de acuerdo con los resultados obtenidos de los estudios realizados.	Propuesta de manual de prácticas de ingeniería de calidad para la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales en la Universidad Industrial de Santander.

## **5. Marco de referencia**

### **5.1. Marco de antecedentes**

A continuación, se mostrarán casos en los que laboratorios adscritos a instituciones educativas han diseñado e implementado manuales didácticos de usuario, en los que se dan los protocolos de uso y se apoyan en las Tecnologías de la Información y Comunicación.

#### ***5.1.1. Diseño de manual didáctico para el uso del laboratorio de tecnología industrial e ingeniería de producción***

Pinzón, Ballesteros y Vega (2017), esta investigación, tiene como objetivo el diseño del Manual Didáctico para el correcto uso del laboratorio asignado a Tecnología Industrial e Ingeniería de Producción, tomando como referencia los procedimientos del Sistema de Gestión de la Calidad de dicho laboratorio. Los autores realizaron un diagnóstico del estado actual del laboratorio, diseñaron estrategias de mejora y recopilaron la información necesaria para que el laboratorio cumpliera con los indicadores de gestión, y así, se permitiera el uso adecuado por parte de la comunidad educativa. Entre sus conclusiones, exponen la importancia de utilizar el manual como un documento didáctico que contribuye al proceso de enseñanza, teniendo en cuenta algunas consideraciones y una estructura: integral y fácil de entender. Este trabajo aporta al proyecto actual, el diseño de un manual claro y conciso, que conduce al mejoramiento continuo y a la estandarización establecida en el Sistema de Gestión de la Calidad en las prácticas de laboratorio de la asignatura.

#### ***5.1.2. Diseño de guías de laboratorio para desarrollar habilidades profesionales en la asignatura Automatización del programa de ingeniería industrial***

Contreras, Tristancho y González (2015) tenían como objetivo diseñar guías de laboratorio,

que desarrollen habilidades profesionales del ingeniero industrial en el área de Automatización. Dichas guías, se generaron con base en el análisis de los resultados de dos proyectos piloto: el primero, enfocó su trabajo en un marco teórico y referencial asociado con el aprendizaje activo, habilidades profesionales y metodologías de enseñanza tradicional; el segundo, lo hizo con una propuesta que involucró la participación del alumno en su propio aprendizaje y que, a su vez, le permitió adquirir mayor responsabilidad en el desarrollo de sus habilidades profesionales. Dicha investigación concluye que, para adquirir habilidades profesionales, el ingeniero industrial necesita guías de laboratorio que fomenten el trabajo autónomo, donde los estudiantes aprendan de manera activa y pongan en práctica su conocimiento teórico en su quehacer profesional. En este sentido, este proyecto aporta al diseño del manual que aquí se pretende actualizar, en cuanto a la estrategia metodológica de enseñanza-aprendizaje activa, donde el estudiante es autónomo del saber, como del saber hacer en un contexto determinado.

### ***5.1.3. Sistema de Laboratorios Remotos para la práctica de Ingeniería de Control***

Mar, Santana y González (2019), tenían como objetivo en este artículo, desarrollar prácticas de laboratorio en la asignatura Ingeniería de control, con el apoyo de Sistemas de Laboratorios Remoto (SLR). Los autores propiciaron que los estudiantes se apoyaran en dispositivos físicos, remotos, presenciales y a distancia, que complementaran la formación integral dentro de la disciplina de Sistemas de Control. Además, como parte de la investigación, se midió el impacto de las prácticas de laboratorio en los usuarios. Para esto, utilizaron la técnica Iadov, basada en una encuesta con preguntas cerradas y abiertas: las primeras, permitieron medir el nivel de satisfacción individual de cada encuestado; las segundas, profundizaron en los elementos positivos y las recomendaciones o insuficiencias de la propuesta. Los autores concluyeron que la utilización del SLR en la enseñanza de la Ingeniería de control, permitió que los estudiantes

experimentaran los contenidos teóricos en las prácticas con dispositivos físicos remotos, reduciendo el tiempo de experimentación destinado en las clases presenciales. Lo anterior, abre camino al desarrollo de prácticas con dispositivos remotos y a la utilización de la herramienta de diagnóstico y evaluación de impacto: Iadov, en la presente investigación.

## **5.2. Marco Teórico**

En el presente apartado se exponen los conceptos teóricos que aportan al desarrollo de la presente investigación, los cuales son: calidad, benchmarking, modelos de aprendizaje, prácticas de laboratorio, tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), revolución industrial 4.0, laboratorio remoto y Software Minitab.

### **5.2.1. Calidad**

Según la Real Academia Española (RAE), la calidad es un “conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite caracterizarla y valorarla con respecto a las restantes de su especie”. Por otro lado, la American Society for Quality (ASQ) la define como la “totalidad de aspectos y características de un producto o servicio que permiten satisfacer necesidades implícita o explícitamente formulados”. Finalmente, la Norma ISO 9000:2015, la determina como el “grado en el que un conjunto de características inherentes a un objeto cumple con los requisitos”. De manera que, la calidad es el conjunto de propiedades y características pertenecientes a un producto, servicio o proceso, que se cumplen de acuerdo con estándares, normas o parámetros especificados, de los cuales depende su valoración. Gracias a esto, genera un factor diferencial y valor agregado que permite satisfacer a los clientes o consumidores.

En el transcurso de la historia diversos autores incursionaron en la calidad, ofreciendo diferentes métodos y técnicas para llevarla a cabo. A continuación, se presenta una breve explicación de cada uno de ellos:

- **W. Edwards Deming:** Considera que la calidad es la satisfacción del cliente. Sus aportes más importantes son los 14 principios de la calidad y el ciclo PHVA.
- **Joseph M. Juran:** Para este autor la calidad es la adecuación al uso del cliente. Planteó la trilogía de la calidad: planificación, control y mejora.
- **Kaouro Ishikawa:** Introduce el concepto de calidad total, que se logra cuando un producto es económico, útil y satisfactorio para un consumidor. Se le atribuyen los círculos de calidad y el establecimiento de las 7 herramientas básicas de la calidad: hoja de control, histogramas, diagrama de Pareto, diagrama de correlación y dispersión, gráficos de control, estratificación (en la actualidad se reemplaza por el diagrama de flujo de procesos) y el diagrama causa – efecto.
- **Philip B. Crosby:** Expone la calidad como el cumplimiento de requisitos. Inserta la vacuna pro – calidad y la estrategia de cero defectos. Su visión de la calidad también es reconocida por la frase “La calidad no cuesta, es gratis”.
- **Armand V. Feigenbaum:** Explica la calidad como la satisfacción de las expectativas del cliente. Entre sus aportes se encuentra el control de calidad total, los costos de calidad y la calidad de los servicios (9M’s).
- **Genichi Taguchi:** Este autor define la calidad como la pérdida (monetaria) que el producto o servicio ocasiona a la sociedad desde que es expedido. Esta pérdida de la sociedad se clasifica en lo que llama factores de ruido, los cuales son causados por: variaciones en los errores humanos (ruido externo), deterioro (ruido interno) e imperfecciones de fabricación u operación (ruido entre productos).

La calidad cuenta con ocho dimensiones independientes, introducidas por David Garvín, que se deben cumplir para una gestión plena de la calidad (Domínguez, 1994), estas son:

desempeño, confiabilidad, durabilidad, serviciabilidad, estética, funcionalidad, percepción de la calidad y conformidad con estándares. La mayoría de los productos, servicios y procesos, no logran cumplir a cabalidad con las ocho características al tiempo, por lo que se especializan en ofrecer valor a sus clientes por medio de algunas de ellas.

### **5.2.2. Benchmarking**

Es un proceso de mejoramiento introducido por la compañía Xerox en 1976. Consiste en un análisis comparativo con respecto a los productos, servicios y/o procesos desarrollados por otras organizaciones o áreas, que permite a una empresa determinar las falencias detectadas en el análisis e intervenir los procesos propios para hacerlos más efectivos. “Puede afirmarse entonces, que es un proceso operativo de aprendizaje y adaptación permanente que se realiza con el propósito de perfeccionar sus resultados, donde se aprehende, adapta e implementan métodos que han producido resultados positivos en otras organizaciones.” (Cárdenas, 2006)

Algunos autores identifican tres tipos de benchmarking: interno, competitivo y funcional o genérico, mientras otros realizan una separación entre el funcional y el genérico. En vista de que existe una amplia semejanza entre estos dos, se mantendrá la separación inicial (Martins et al., 2010).

**5.2.2.1. Benchmarking interno.** Es aquel que se lleva a cabo dentro de la misma organización. Se realiza haciendo un análisis de los departamentos de la empresa y buscando las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos. A través de este análisis todas las divisiones pueden encontrar y adquirir habilidades para mejorar sus procesos.

**5.2.2.2. Benchmarking competitivo.** En él se estudian otras organizaciones que pertenecen al mismo sector y son competencia directa de la compañía. Este es el tipo de

benchmarking más complicado y costoso, pues las organizaciones brindan información limitada de los procesos internos y es necesaria una amplia investigación para encontrar los datos requeridos.

**5.2.2.3. Benchmarking funcional o genérico.** Se toman como referente los procesos de una compañía que se desenvuelve en un sector diferente, y realiza mejores prácticas en el área que se quiere mejorar. Este tipo de benchmarking facilita la adquisición de información respecto al competitivo, debido a que no existe una competencia directa con la organización.

Según Intxaurburu y Ochoa (2005) los beneficios del benchmarking se pueden identificar en tres bloques:

- Dependiendo de su implementación sirve como herramienta de planificación estratégica, proporcionando a la dirección de una compañía la capacidad de mejorar el conocimiento, análisis, formulación de planes de acción y procesos de control sobre la empresa. Aun así, el benchmarking es utilizado, en la mayoría de las organizaciones, como una herramienta de mejora de procesos específicos, por lo que estos beneficios, ahora se desarrollan para el área determinada.
- Con su funcionamiento no solo se consiguen mejoras en los procesos de la organización, sino que se generan beneficios intangibles que se pueden relacionar al servicio y la motivación de los trabajadores.
- Mejora la capacidad de aprendizaje en la organización y proporciona un impulso para empezar un proceso de mejoramiento continuo, en especial cuando se involucra al personal en su ejecución.

### 5.2.3. Modelos de aprendizaje

Un modelo de aprendizaje es un sistema que, mediante una metodología específica, proporciona estrategias y pautas para el desarrollo del conocimiento. Existen diferentes corrientes que se han dedicado a encontrar un sentido teórico y su aplicabilidad en los modelos de aprendizaje, de las cuales se destacan la teoría conductista, la teoría cognitiva, la teoría sociocultural y la teoría constructivista.

**5.2.3.1. Teoría conductista.** Esta corriente se basa en que todo proceso de enseñanza – aprendizaje se encuentra en la representación de un reflejo condicionado que se asocia a una relación entre la respuesta y el estímulo que la provoca. Por lo cual en esta teoría el aprendizaje es lineal y el estudiante juega un papel pasivo, buscando únicamente que los resultados sean los deseados sin desarrollar aptitudes creativas e investigativas en el mismo (Hernández, 2000). A continuación, se presentan los autores principales y sus respectivos enfoques:

- **Pavlov:** Desarrolla un experimento donde sustenta que el aprendizaje está determinado a través del condicionamiento clásico, donde “un estímulo neurológico se convierte en un reflejo asociado”, es decir, al aparear un estímulo que posee una respuesta natural y condicionarlo a un segundo estímulo se genera una respuesta asociada no natural (Mergel, 1998)
- **Watson:** Los seres humanos nacen con algunos reflejos y reacciones emocionales, pero los demás comportamientos se adquieren mediante la asociación estímulo-respuesta, razón por la cual en su trabajo demostró el papel del condicionamiento clásico en el desarrollo de la respuesta emocional para ciertos estímulos (Mergel, 1998).

- **Skinner:** Formulo el condicionamiento operatorio, el cual consiste en que el aprendiz recibe una recompensa por mantener determinada conducta en su entorno, siendo, de esta manera, un sistema de premios y castigos (Mergel, 1998).

**5.2.3.2. Teoría cognitivista.** Es una reacción al conductismo y pretende explicar que el aprendizaje es un proceso integral donde intervienen la comprensión, el análisis y la aplicación del saber en un contexto determinado, dependiendo del sujeto (Orozco, 2009). De manera que hace al estudiante participe de su proceso de aprendizaje. Los autores más destacados de esta teoría son:

- **Piaget:** Le confiere un carácter activo al estudiante durante el proceso de conocimiento y destaca la interiorización de la información como un método fundamental en el aprendizaje. Las tareas experimentales adquieren importancia en el desarrollo del conocimiento (Pérez, 2004).
- **Bruner:** El aprendizaje se da en diferentes etapas, cada una caracterizada por determinadas representaciones mentales que le dan al sujeto una visión propia del mundo que le rodea y de su propio ser, de manera que es el responsable de su construcción simbólica del mundo de acuerdo con las situaciones y perspectivas que se presenten en su vida (Vielma y Salas, 2000).
- **Ausubel y Novak:** Los estudiantes poseen un conjunto de conceptos e ideas adquiridos con anterioridad, estos deben ser tomados en cuenta durante el proceso de enseñanza, formulando así un modelo de aprendizaje que se beneficia de los conocimientos del individuo (Rodríguez, 2004).

**5.2.3.3. Teoría sociocultural.** Según Vygotsky, el aprendizaje tiene su origen en el entorno social, siendo el lenguaje y la actividad práctica las encargadas de asociarse para la generación del

conocimiento. A través de un proceso beneficioso que se da en un contexto colaborativo, el individuo interioriza y se adapta al entorno, aportando la capacidad de observar y participar con otros individuos (Antón, 2010).

**5.2.3.4. Teoría constructivista.** Se sustenta en que los individuos son dueños de su propio conocimiento, por tanto, son los encargados de construirlo desde su propia interpretación del mundo. Por esto, la finalidad de un educador es promover procesos de crecimiento personal, así como de experimentación física y social que brinden herramientas para que el estudiante adquiera nuevos conocimientos. Esto no implica que cada individuo cree una realidad única, sino que permite una respuesta razonable que se alinea a las leyes físicas de la naturaleza reconocidas entre los seres humanos (Hernández, 2000).

Existen multitud de metodologías constructivistas, así como multitud de maneras diferentes de aplicar esas metodologías. Se puede encontrar mucha teoría de cómo son los procesos concretos de una metodología u otra, pero la manera en que se llevan a cabo puede variar. A continuación, se presentan dos metodologías innovadoras, los ambientes de aprendizaje y los proyectos de trabajo, que son metodologías fácilmente adaptables a diferentes realidades en el entorno educativo, pues no se presentan cerradas, sino que se pueden amoldar muy bien a las necesidades que presenten cada aula (León y Romero, 2020).

**5.2.3.4.1. Ambientes de aprendizaje.** El ambiente de aprendizaje es un entorno donde ocurre una experiencia de intercambio de conocimiento cuya existencia ha sido considerada en un diseño. Este diseño sigue un enfoque pedagógico definido y requiere una o más áreas o disciplinas de conocimiento que aportan elementos para la elaboración de las situaciones de estudio. Entretanto, estas situaciones sirven de estímulo para la ocurrencia de la experiencia (León y Romero, 2020).

**5.2.3.4.2. *Proyectos de trabajo.*** Los proyectos garantizan que se trabajen los contenidos curriculares y establecidos, pero no de una forma directa sino más bien práctica y funcional puesto que serán una herramienta necesaria para descubrir y profundizar sobre otros temas quizás más cercanos a las motivaciones y/o necesidades. Se ponen en primer plano los intereses genuinos de los alumnos, sus ideas e iniciativas (Paniagua y Palacios, 2008).

#### **5.2.4. *Prácticas de laboratorio***

La actividad experimental es fundamental en el desarrollo del conocimiento para cualquier área de aprendizaje, pues sirve de apoyo a las clases teóricas. Con ella se pretende despertar y desarrollar la curiosidad de los estudiantes, de manera que se les facilite la solución de problemas y amplíen sus perspectivas, para lograr comprender y explicar los fenómenos con los que interactúan en la cotidianidad (López y Tamayo, 2012). En este sentido, la práctica de laboratorio es un tipo de clase complementaria que genera nuevas habilidades en los estudiantes y les permite, mediante la observación, entender a profundidad el funcionamiento real de un tema bajo determinada circunstancia.

Cruz y Peña (2013) exponen una gran diversidad de prácticas de laboratorio. Estas se dan de acuerdo con las teorías pedagógicas desarrolladas a lo largo de la historia, que han traído como consecuencia el replanteamiento de los conceptos de enseñanza y aprendizaje. De esta manera, se encuentran los siguientes tipos de práctica:

- **De transmisión – recepción:** El estudiante sigue las indicaciones presentes en el laboratorio al pie de la letra, es decir, no existe espacio para una interpretación propia de la práctica. Se realiza de una forma específica cada uno de los pasos expuestos en ella.
- **De descubrimiento:** No plantea un problema concreto, sino que incentiva al estudiante a explorar información sin recomendaciones específicas.

- **De enfoque del proceso:** Es una variación de la práctica de laboratorio de descubrimiento. En este caso no se pretende que el estudiante adquiera conocimientos conceptuales precisos, se busca el desarrollo de habilidades y técnicas de indagación.
- **Constructivista:** Pretende incentivar interés y facilitar la retroalimentación de los estudiantes, estimulando la búsqueda de respuestas mediante la interacción de todos los factores que involucran el conocimiento.
- **Académico:** Desarrolla experiencias concretas para intuir determinado comportamiento desde una perspectiva real de determinada situación.
- **Laboral:** Se da en el ámbito laboral. La práctica permite la manipulación y procesamiento para la búsqueda de soluciones, y el desarrollo de habilidades como el trabajo colaborativo y la cooperación.
- **Investigativo:** Da gran importancia al método científico. Genera las pautas para procesar, valorar e interpretar datos y resultados a través del razonamiento lógico e interpretativo.

#### ***5.2.5. Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)***

Son el conjunto de herramientas tecnológicas que permiten procesar, administrar, transmitir y comunicar la información de forma digital, haciendo uso de equipos como: computadores y teléfonos inteligentes. Según Hernández (2017):

*“El impacto de las TIC, dentro de la sociedad del conocimiento ha traído grandes cambios, respecto a forma y contenido, el efecto ha sido masivo y multiplicador, de tal forma que el sentido del conocimiento ha calado en la sociedad en general, y una de las grandes implicancias y modificaciones, es la educación”* (p.329).

Con las nuevas tecnologías se pueden introducir diferentes materiales educativos, los cuales brindan espacios didácticos para la adquisición del conocimiento. Por ende, las TIC

cumplen funciones como medio de expresión, canal de comunicación, fuente e instrumento de procesamiento de información, herramienta de diagnóstico, entre otras. Cuando se selecciona la herramienta tecnológica, debe plantearse que constituye un puente entre el pensamiento y la acción, incentivando la creatividad y autonomía por parte del estudiante (Muraro y Pérez, 2001). Es por esto que, actualmente, las TIC facilitan el desarrollo de actividades complementarias al conocimiento como las prácticas experimentales, facilitando el análisis de resultados y proporcionando una visión amplia de los problemas tratados en los laboratorios.

#### **5.2.6. Revolución industrial 4.0**

Es una revolución enmarcada por la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas, que anticipa el cambio del mundo tal como lo conocemos. Según Klaus Schwab (como se citó en Perasso, 2016):

*"Estamos al borde de una revolución tecnológica que modificará fundamentalmente la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos. En su escala, alcance y complejidad, la transformación será distinta a cualquier cosa que el género humano haya experimentado antes."*

Es por esto, que la cuarta revolución industrial, no se define en el conjunto de tecnologías emergentes, sino se evidencia en la transición generada a nuevos sistemas construidos a partir de la infraestructura de la revolución anterior.

#### **5.2.6. Laboratorio remoto (LR)**

Según Zamora (2012) "Un laboratorio remoto (LR) es una aplicación basada en un entorno cliente – servidor, donde los clientes (estudiantes o investigadores desde un sitio remoto), solicitan servicios o contactan a un servidor a través de distintos medios de interconexión". Esto quiere

decir, que son herramientas tecnológicas que permiten al estudiante utilizar y controlar los recursos disponibles de un laboratorio, generalmente haciendo uso de internet, mediante el acceso a un equipo de cómputo distante al que se le agrega instrumentación y control.

Los LR facilitan la interacción con equipos reales, siendo innovadores en la educación aportan ventajas didácticas a las prácticas de laboratorio como: aprovechar los laboratorios convencionales para integrarles un sistema computacional, los instrumentos diseñados son idénticos a los reales, se puede hacer uso de internet para la experimentación asincrónica, permite la práctica individual y la indagación del estudiante, posibilita el control de las aplicaciones basadas en instrumentos virtuales, entre otras (Lorandi et al. 2011).

#### ***5.2.7. Software Minitab***

Este software, diseñado por instructores de la Universidad Estatal de Pensilvania en 1972, está diseñado para ejecutar funciones estadísticas, permitiendo la visualización, análisis y resolución de ejercicios empresariales. Ayuda y aporta a la predicción de patrones, mejora de resultados y diseño de productos y procesos. Adicionalmente, brinda una propuesta para el sector académico que permite el acceso de estudiantes universitarios para el aprendizaje de las herramientas estadísticas, la visualización de datos y el análisis de la información (Minitab, 2021).

## **6. Metodología**

El proyecto se desarrolló bajo un referente teórico constructivista y se seleccionó la metodología de ambientes de aprendizaje, entre las múltiples existentes, dado que promueven entornos accesibles y activos en el cual se mezclan los seres humanos, las acciones pedagógicas de quienes intervienen en la educación y un conjunto de saberes que son mediadores en la interacción de factores biológicos, físicos y psicosociales en un espacio que puede ser virtual,

presencial o mixto. (Fernández, 2015).

En la Tabla 3 se sintetizan las características que permiten identificar un ambiente de aprendizaje con las tipologías básicas que se constituyen en variables para determinar el tipo de ambiente.

**Tabla 3.**

*Relación entre características de los ambientes de aprendizaje y tipologías posibles*

<i>Características</i>	<i>Tipologías básicas de ambientes de aprendizaje</i>
Es un lugar diferenciado espacial y temporalmente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Urbanos</li> <li>• Rurales</li> <li>• Mixtos (rural y urbano)</li> </ul>
Es un escenario social que ofrece condiciones para distintas relaciones sociales, en una perspectiva bio-ecológica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para la interacción cara a cara</li> <li>• Para la interacción en línea, soportada por un sitio web</li> <li>• Para la interacción cara a cara y para la interacción en línea</li> <li>• Individualizados</li> <li>• Masivos</li> </ul>
Es una construcción didáctica intencional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pedagógicos</li> <li>• De docencia universitaria</li> <li>• De formación profesional</li> </ul>
Es un dispositivo para permitir el ingreso, la instauración y el desarrollo de formas de trabajo y relaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De investigación</li> <li>• De innovación</li> <li>• De práctica profesional</li> </ul>

Nota. Adaptado de Ambientes de aprendizaje accesibles que fomentan la afectividad en contextos universitarios por León, O. y Romero, J. (2020), Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

En esta perspectiva, el ambiente de aprendizaje de acuerdo con su objetivo, modo de interacción y lugar es de carácter accesible y se define como un ambiente de aprendizaje urbano, para la interacción cara a cara y en línea de la formación profesional y para la práctica profesional. En consecuencia, esta metodología se divide en tres etapas relacionadas con los objetivos específicos a cumplir en el esquema general descrito en la Figura 1.

**Figura 1.**

*Etapas de la metodología de ambientes de aprendizaje*



**6.1. Primera etapa: Reflexión**

La fundamentación consiste en examinar el tema, en este caso el contenido del actual Manual de Prácticas de Ingeniería Industrial: Ingeniería de la Calidad, y definir en forma clara el problema de investigación, partiendo de la detección y descripción de las necesidades y/o problemáticas que requieren intervención y que justifiquen la realización del proyecto.

Una vez realizada la revisión del manual en estudio, es necesario determinar cuáles contenidos son relevantes y deben ser reflejados en la fundamentación teórica. Para ello, se complementa con un análisis perceptivo de los estudiantes utilizando un instrumento de recolección de datos que determine el grado de satisfacción de los alumnos que cursaron la asignatura ingeniería de calidad en los semestres 2018-1, 2018-2, 2019-1, 2019-2; por medio de una encuesta.

Seleccionando los contenidos clave, que van a estar relacionados con las temáticas y la metodología aplicada para actualizar y estandarizar los contenidos de las prácticas de laboratorio, a través de mejoras pedagógicas e implementación de las TIC, que enriquezcan el desarrollo de

prácticas en espacios y entornos virtuales con características innovadoras, adaptadas a la realidad del entorno. Estableciendo así, la situación problema de la investigación y los conceptos a desarrollar ampliamente en el contenido de este.

El material para poder establecer los conceptos relevantes proviene de la revisión de la bibliografía relacionada con los temas de investigación anteriormente mencionados. De ella se obtienen los insumos necesarios para poder desarrollar conceptos que servirán de marco referencial en el trabajo de investigación.

La búsqueda de estos conceptos permite darle forma al marco teórico, realizándose un análisis crítico que permite aceptar o rechazar las teorías existentes y darle un nuevo sentido al estudio, siguiendo una estructura lógica para poder darle sentido al fundamento teórico y proporcionar una respuesta a las preguntas de investigación, las hipótesis y desarrollar los conceptos clave.

## **6.2. Segunda etapa: Teorización**

En esta segunda etapa metodológica se realiza una fase comparativa y analítica mediante un Benchmarking que permita conocer y comparar los contenidos de las prácticas de laboratorio de la asignatura Ingeniería de calidad de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales con respecto a universidades nacionales e internacionales que estén impartiendo la asignatura.

Se lleva a cabo con ayuda del ranking publicado en la revista Dinero con base en las Pruebas Saber Pro de 2020 (Apéndice A), en las que se seleccionan cinco de las mejores universidades nacionales que ofrecen el programa de Ingeniería Industrial. Entre las consultadas (Apéndice B) se encuentran la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Universidad de los Andes, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Universidad Pontificia Bolivariana sede Bucaramanga y Universidad del Valle. Asimismo, se realiza una revisión de los programas

de ingeniería industrial de diversas universidades internacionales de países latinoamericanos que ofrecen el programa de Ingeniería Industrial y se encuentran en los primeros lugares del ranking QS Latin America University Rankings 2020 (Apéndice C). Entre las universidades internacionales (Apéndice D) se encuentran la Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad de Chile, Universidad de Buenos Aires, Universidad Nacional de Córdoba, Universidad de Puerto Rico y Universidad de Guadalajara.

Se recolectan datos relevantes de las asignaturas semejantes a Ingeniería de Calidad que hacen parte de su plan de estudios y sus respectivas prácticas de laboratorio, con el objetivo de obtener información sobre las metodologías utilizadas, los contenidos, actividades que se desarrollan, semestre en que se imparte, entre otros aspectos. Esto se llevó a cabo a través de los portales web de las universidades y se revisaron sus contenidos programáticos y planes de estudio. Identificando ventajas y desventajas, que luego son analizadas en comparación al manual vigente y aportan en su actualización.

En esta segunda etapa, también se ejecuta una fase exploratoria mediante una revisión bibliográfica, en las bases de datos disponibles por la Universidad, de referentes teóricos y metodológicos, que aportan en la aplicación de modelos de enseñanza y mediaciones pedagógicas en la práctica y la experimentación de la ingeniería de calidad. Iniciando por los conceptos teóricos que son pilares en la investigación, como calidad, benchmarking, prácticas de laboratorio, tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y laboratorios remotos.

Luego se describen modelos de enseñanza y mediaciones pedagógicas, señalando las razones por las que son afines al propósito de las prácticas a desarrollar y como se aplicarían en el laboratorio, seleccionando de este modo, la teoría constructivista para generar las nuevas prácticas

de laboratorio, proporcionando la metodología de un referente teórico necesario para reconocer y analizar su propio ambiente de aprendizaje como metodología de aplicación.

### **6.3. Tercera etapa: Aplicación sobre lo aprendido**

El desarrollo de esta etapa proyectiva se hace con base a los resultados del estudio de diagnóstico de la revisión bibliográfica, el diagnóstico del manual vigente, la percepción de los estudiantes recolectada en la encuesta y el benchmarking de las prácticas de laboratorio existentes en otras universidades nacionales e internacionales, ya que se define la propuesta pedagógica y las actividades a realizar en el contenido teórico de cada práctica de laboratorio, ajustándolas a las necesidades de los involucrados (estudiantes y docentes) y mejorando la experiencia en el aula. También, se llevan a cabo jornadas de ideación y retroalimentación con el docente Juan Camilo Lesmez, director del proyecto, sobre el contenido y diseño de las nuevas prácticas de laboratorio.

Luego se construye la Guía de Minitab para la ingeniería de calidad, la guía para la elaboración de informes, se enlistan los materiales y equipos que serán utilizados para el desarrollo de las prácticas y se realiza una búsqueda exhaustiva de casos de estudio que se ajusten a las temáticas y a la correcta comprensión de cada una de las prácticas.

Como resultado final, se estructura y esquematiza un formato guía a docentes y estudiantes, que corresponde a la propuesta del manual de prácticas de laboratorio para la asignatura Ingeniería de Calidad en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander.

## 7. Elaboración del Manual de Prácticas de Laboratorio de Ingeniería Industrial: Ingeniería de Calidad

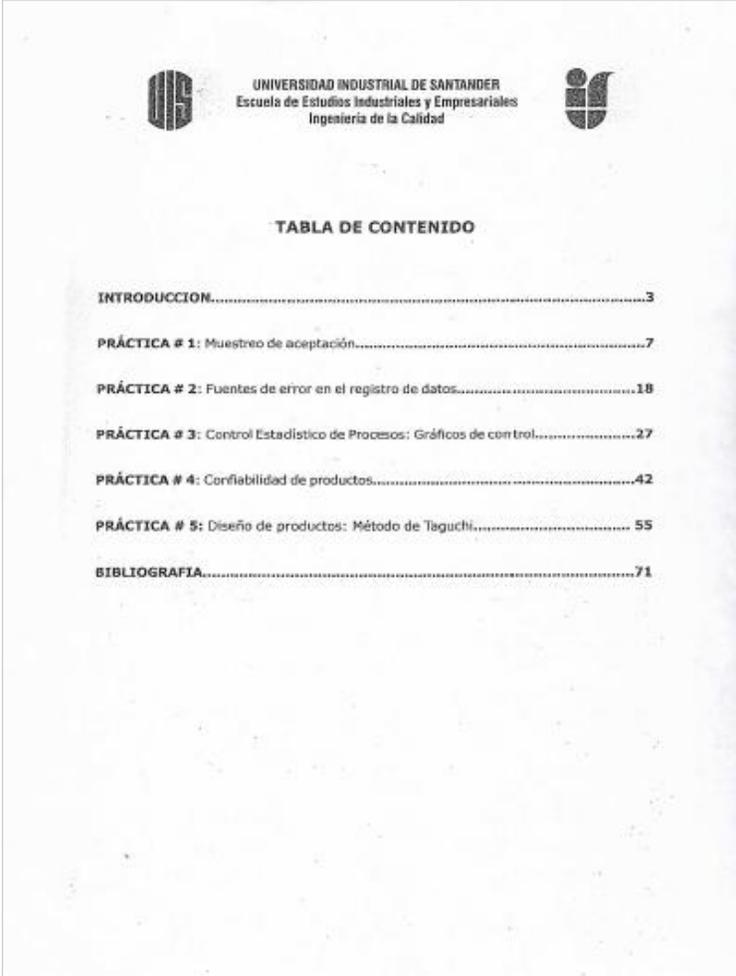
### 7.1. Informe del estudio diagnóstico

#### 7.1.1. Estado actual del Manual de Prácticas de Ingeniería Industrial: Ingeniería de la calidad

**7.1.1.1. Valoración del contenido.** El contenido del Manual de Prácticas de Ingeniería Industrial: Ingeniería de la calidad incluye cinco prácticas de laboratorio con los métodos y temas que fueron considerados más relevantes en el momento de su realización (Figura 2).

#### Figura 2.

*Tabla de contenido del manual de prácticas de laboratorio vigente*



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales	
Ingeniería de la Calidad	
<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	
INTRODUCCION.....	3
PRÁCTICA # 1: Muestreo de aceptación.....	7
PRÁCTICA # 2: Fuentes de error en el registro de datos.....	18
PRÁCTICA # 3: Control Estadístico de Procesos: Gráficos de control.....	27
PRÁCTICA # 4: Confiabilidad de productos.....	42
PRÁCTICA # 5: Diseño de productos: Método de Taguchi.....	55
BIBLIOGRAFIA.....	71

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario realizar una valoración del manual de laboratorio vigente, para tal efecto, haciendo énfasis en la teoría descrita y tomando en cuenta que la información allí expuesta es valiosa para el aprendizaje y análisis de los temas para el estudiante, se hacen las siguientes observaciones teóricas (Tabla 4) y experimentales (Tabla 5) de su contenido, con respecto a las apreciaciones de los autores y el director del proyecto:

**Tabla 4.***Observaciones teóricas*

<i>Práctica</i>	<i>Observación</i>
<i>Practica No. 1: Muestreo de aceptación</i>	No se hace claridad del método de cálculo utilizado para la obtención de resultados y la información suministrada no da una visión limpia de lo que se pretende desarrollar en la parte experimental.
<i>Practica No. 3: Control estadístico de procesos: Gráficos de control</i>	<p>La práctica contiene en su base teórica las herramientas de control de calidad expuestas por Ishikawa, entre las que se encuentra la estratificación. Según Picchiai, Ferraz y Saraiva (2015) a pesar de que la estratificación hace parte de las herramientas de la calidad algunas fuentes no la enumeran y en su lugar hacen uso del diagrama de flujo. Así mismo, en su investigación establecen que el diagrama de flujo es una de las herramientas de calidad más utilizadas en la práctica de las organizaciones y también la más mencionada en los artículos estudiados, mientras la estratificación fue nombrada en los artículos, pero ninguna de las organizaciones estudiadas la utilizaron.</p> <p>En el concepto teórico evidenciado dentro del actual Manual de prácticas de laboratorio de ingeniería industrial: ingeniería de la calidad se especifica textualmente que la estratificación “está inmersa en casi todas las demás herramientas, desde las hojas de registro hasta los gráficos de control”, razón por la cual se considera prescindir de la estratificación en el desarrollo de la práctica.</p>

Nota. Se hacen observaciones teóricas únicamente de las prácticas del Manual de Prácticas de Ingeniería Industrial: Ingeniería de la calidad en las que se considera necesario.

**Tabla 5.***Observaciones experimentales*

<i>Práctica</i>	<i>Observación</i>
<i>Practica No. 1: Muestreo de aceptación</i>	F. Robert Jacobs y Richard B. Chase (2018) determinan que “El muestreo de aceptación se realiza con bienes que ya existen para determinar el porcentaje de los productos que cumplen con las especificaciones”. De esta manera, se considera que en el tiempo de desarrollo de la práctica de laboratorio debe implementarse el estudio de productos existentes, proporcionando al estudiante la base un sistema que le permita desarrollar la capacidad de determinar: cómo aceptar o rechazar un lote de productos que se está adquiriendo o vendiendo, en lugar de proponer el diseño de un sistema productivo.
<i>Practica No. 3: Control estadístico de procesos: Gráficos de control</i>	Hodson y Driver (como se citó en Aureli Caamaño, 1992) consideran que hay que generar el espacio para la discusión de la solución y valoración de resultados atendiendo el post – experimento. Por lo cual, contar con una práctica demasiado extensa genera que esta discusión no se evidencie en el aula. El uso de productos simples eliminaría el tiempo dedicado a cortar piezas de oasis, dando más espacio al análisis conjunto entre docente y estudiante sobre las observaciones y conclusiones a las que se llegó después de obtenidos los resultados.
<i>Practica No. 5: Diseño de productos: Método de Taguchi</i>	El desarrollo de la práctica de diseño de productos: método de Taguchi, requiere una gran inversión de tiempo en la fabricación de aglomerados, una habilidad que no es necesaria para el ingeniero industrial, pues en caso contrario, se evidenciaría su inclusión en el plan de estudios vigente para la carrera de ingeniería industrial en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.  Así mismo, el laboratorio de calidad de la escuela no cuenta con los utensilios necesarios para su desarrollo pues, como se determina textualmente en el actual manual de prácticas de laboratorio, “es importante resaltar que el proceso debe ser realizado fuera de las instalaciones de prácticas, ya que se requieren de implementos inexistentes allí (estufa, moldes, espacio)”, aconsejando que parte de la practica sea realizada en casa de alguno de los integrantes del grupo, obligando a los estudiantes a realizar la parte de la práctica fuera del campus universitario sin tener contacto con el docente.

Nota. Se hacen observaciones experimentales únicamente de las prácticas del Manual de Prácticas de Ingeniería Industrial: Ingeniería de la calidad en las que se considera necesario.

**7.1.1.2. Análisis teórico de la asignatura Ingeniería de Calidad.** Mediante un estudio de los contenidos expuestos en el programa de la asignatura y teniendo en cuenta el perfil del egresado del programa académico de ingeniería industrial, se desarrollan prácticas de laboratorio a otras temáticas además de las que ya se encuentran en el manual vigente. Adicionalmente, se reorganizan las prácticas de acuerdo con la estructura del programa de la siguiente manera:

1. Histogramas
2. Gráficos de control por variables
3. Gráficos de control por atributos
4. Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R)
5. Muestreo de aceptación
6. Capacidad del proceso

Es necesario resaltar que la practica correspondiente a la confiabilidad de productos queda descartada debido a que el tema no se encuentra incluido en la estructura establecida dentro del programa de la asignatura.

**7.1.1.3. Análisis perceptivo de los estudiantes respecto a las prácticas de laboratorio vigentes.**

**7.1.1.3.1. Instrumento para recolección de la información.** Para conocer la percepción respecto a las prácticas de laboratorio vigentes, se realizó una encuesta, dirigida a los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial, de la Universidad Industrial de Santander, que cursaron la asignatura ingeniería de calidad en los semestres 2018-1, 2018-2, 2019-1 y 2019-2 (Apéndice E).

Se utilizó la base de datos de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales para conocer el tamaño de la muestra, la cual se encuentra resumida en la Tabla 6.

**Tabla 6.***Estudiantes matriculados en la asignatura ingeniería de calidad*

<i>Cantidad de estudiantes matriculados</i>		
<i>Semestre</i>	<i>Asignatura</i>	<i>Cantidad de estudiantes</i>
2018-1	26532 - Ingeniería de Calidad	128
2018-2	26532 - Ingeniería de Calidad	134
2019-1	26532 - Ingeniería de Calidad	93
2019-2	26532 - Ingeniería de Calidad	92
	29017 - Ingeniería de Calidad	18
<b>TOTAL</b>		<b>465</b>

Nota: Estudiantes de Ingeniería Industrial que cursaron la asignatura Ingeniería de Calidad en los últimos años. Tomado de la Base de datos EEIE.

El cálculo de la muestra resultante fue el siguiente:

$M$  = Tamaño de la muestra

$E$  = Error de estimación

$z$  = Nivel de confianza del 90%

$N$  = Tamaño de la muestra

$p$  = Probabilidad a favor

$q$  = Probabilidad

$$M = \frac{z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(N - 1)E^2 + z^2 \cdot p \cdot q} = \frac{(1,645)^2(0,5)(0,5)(465)}{(464)(0,5)^2 + (1,645)^2(0,5)(0,5)} = 172$$

$M$  = El número de encuestas a realizar es de 172.

La encuesta consta de catorce preguntas cuyo propósito es explicado en la Tabla 7.

**Tabla 7.***Propósito de las preguntas pertenecientes a la encuesta*

<i>Pregunta</i>	<i>Tipo y finalidad</i>
1	Abierta de carácter numérico. Pretende identificar al estudiante y evitar duplicados en las respuestas recolectadas.
2	Cerrada de selección múltiple con única respuesta. Enfocada en la identificación del semestre en el cual se cursó la asignatura de ingeniería de calidad por parte del estudiante.
3	Cerrada de selección múltiple con única respuesta. Su propósito es identificar los estudiantes que elaboraron prácticas de laboratorio cuando cursaron la asignatura, permitiendo desarrollar una recopilación de la información efectiva en las preguntas posteriores.

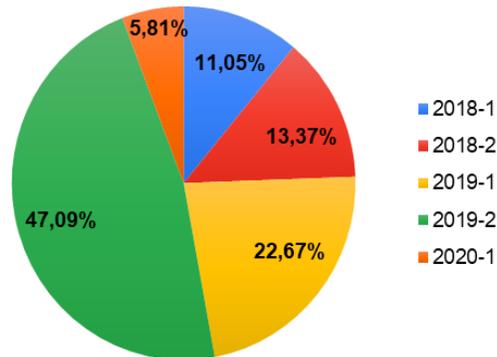
**Tabla 7.***Propósito de las preguntas pertenecientes a la encuesta*

<i>Pregunta</i>	<i>Tipo y finalidad</i>
4	Cerrada de selección múltiple con única respuesta en una escala de Likert de cinco intervalos. Permite medir la posición de los estudiantes en cuanto a la relación que tienen las practicas con la cantidad de temas impartidos en la materia, generando la posibilidad de incorporar nuevos temas en el manual de laboratorio.
5	Cerradas de selección múltiple con única respuesta en una escala de Likert de cinco intervalos.
6	Su intención es evaluar el punto de vista de los encuestados respecto a las condiciones del laboratorio, incluyendo los equipos, materiales e insumos, así como el espacio físico en el que se desarrollan las practicas.
7	
8	
9	Cerrada de selección múltiple con única respuesta en una escala de Likert de cinco intervalos. Pretende identificar, desde la postura del estudiante, si el tiempo utilizado para el desarrollo de las practicas es oportuno.
10	Cerradas de selección múltiple con única respuesta. Su objetivo es identificar la posición de los estudiantes en cuanto al desarrollo de las practicas, por lo cual, se evalúa el apoyo en Tecnologías de la Información y Comunicación, y la presencia de guías de laboratorio para la orientación del estudiante durante la realización del mismo.
11	
12	Cerrada de selección múltiple con única respuesta en una escala de Likert de cinco intervalos. Dirigida para aquellos estudiantes que afirmaron contar con guías de apoyo. Está orientada a determinar la relación entre la guía suministrada para cada práctica de laboratorio y los conceptos impartidos por los docentes en el aula.
13	Cerradas de selección múltiple con única respuesta en una escala de Likert de cinco intervalos. Pretenden considerar los puntos de vista de los estudiantes en cuanto a la calidad del aporte de las prácticas de laboratorio para la formación de ingenieros industriales y la calificación de la experiencia vivida con las practicas.
14	

**7.1.1.3.2. Análisis de los resultados obtenidos.** Se realizaron 174 encuestas a estudiantes y egresados de los últimos semestres de Ingeniería Industrial en la Universidad Industrial de Santander que ya cursaron la materia Ingeniería de Calidad, por lo cual se especifica que se anulan dos de los resultados obtenidos al ser respuestas repetitivas, dando como total 172 encuestas validas realizadas (Apéndice F).

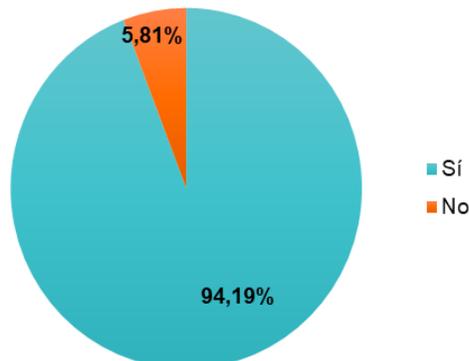
Las 172 encuestas fueron respondidas por estudiantes que cursaron la materia en los semestres 2018-1, 2018-2, 2019-1, 2019-2 y 2020-1 (Figura 3), la mayoría de los encuestados (47,09%) pertenecieron al semestre 2019-2 y se hace indispensable recalcar que solo el 5,81% pertenecieron al semestre 2020-1, el cual fue desarrollado de manera virtual a causa de las medidas restrictivas por COVID-19, valor que concuerda con los estudiantes que contestaron de forma negativa la pregunta 3 (Figura 4). Mas de 90% de los estudiantes encuestados realizaron prácticas de laboratorio.

**Figura 3.**  
*Gráfico circular pregunta 2*



Nota. El grafico muestra las respuestas obtenidas de la pregunta número dos: ¿En qué semestre curso la asignatura de Ingeniería de Calidad?

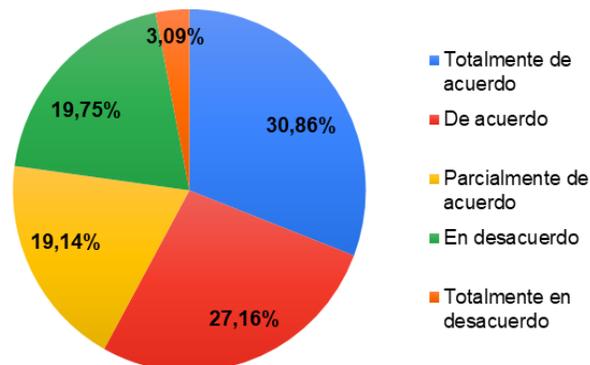
**Figura 4.**  
*Gráfico circular pregunta 3*



Nota. El grafico muestra las respuestas obtenidas de la pregunta número tres: ¿En el desarrollo de la asignatura Ingeniería de Calidad se realizaron prácticas de laboratorio?

Debido a la finalidad de la encuesta, solamente continuaron respondiendo los 162 estudiantes que llevaron a cabo prácticas de laboratorio. Entre las respuestas, se identifica que más del 50% de los estudiantes concuerdan en que los laboratorios desarrollados están acordes a los temas cuantitativos vistos en la asignatura (Figura 5), pero también se observa que no se encuentran totalmente satisfechos con los equipos disponibles para la realización de la práctica, ya que un 40% de estudiantes consideran que la cantidad de equipos no son suficientes y un 29% se encuentra parcialmente de acuerdo con esta información (Figura 6). Adicionalmente, un 35,8% está parcialmente de acuerdo con que el estado de operación y funcionamiento de los equipos disponibles en el laboratorio es el adecuado para llevar a cabo prácticas de Ingeniería de Calidad (Figura 7), lo que implica que la calidad de los equipos puede mejorar.

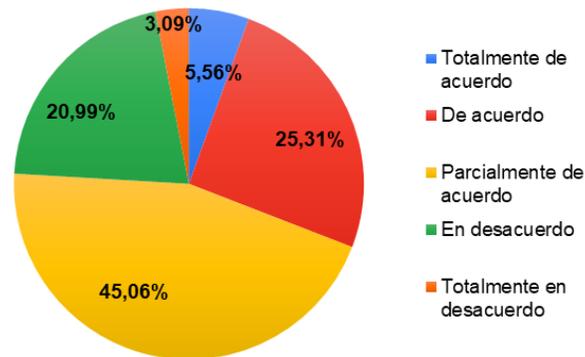
**Figura 5.**  
*Gráfico circular pregunta 4*



Nota. El gráfico muestra las respuestas obtenidas de la pregunta número cuatro: ¿Considera que la cantidad de prácticas de laboratorio de Ingeniería de Calidad concuerdan con los temas cuantitativos vistos en la asignatura?

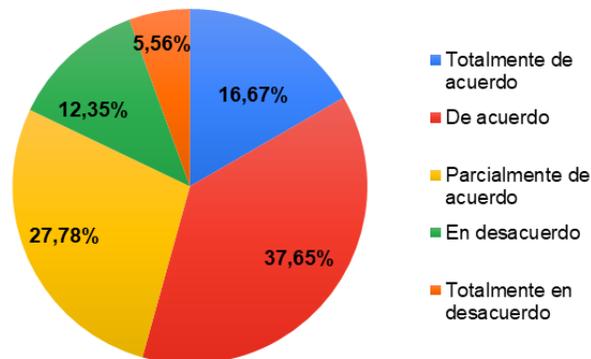


**Figura 8.**  
Gráfico circular pregunta 7



Nota. El gráfico muestra las respuestas obtenidas de la pregunta número siete: ¿Los materiales e insumos suministrados para la realización de las prácticas son acordes con esta, suficientes y se encuentran en buen estado para facilitar el desarrollo del laboratorio?

**Figura 9.**  
Gráfico circular pregunta 8

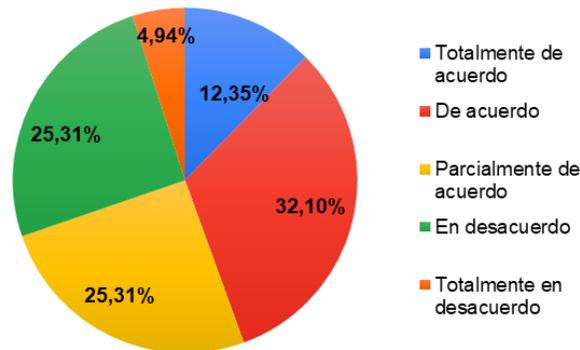


Nota. El gráfico muestra las respuestas obtenidas de la pregunta número ocho: ¿El espacio físico y las condiciones ambientales del laboratorio favorecen el correcto desarrollo de las prácticas de ingeniería de calidad?

Teniendo en cuenta que el tiempo de desarrollo de la práctica es fundamental para los estudiantes, el 44,45% de los encuestados lo considero adecuado para realizar el levantamiento de la información, aun así, es necesario tener en cuenta que el 25,31% tiene una opinión intermedia y que el 30,25% considera que el tiempo no alcanza (Figura 10), por lo que se debe considerar ese 55,55% para generar propuestas nuevas respecto a la distribución del tiempo. También se tuvo en cuenta la evaluación del uso de TIC's donde se obtuvo como resultado que el 67,28% de los estudiantes no utilizaron Tecnologías de la Información y Comunicación para el desarrollo de sus

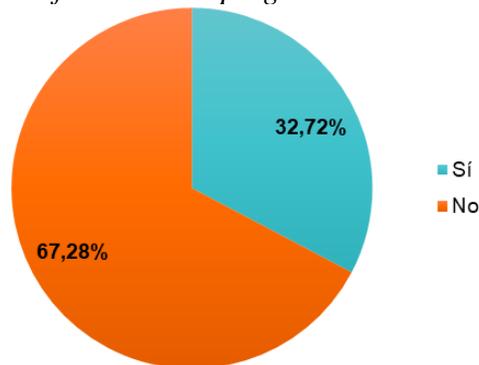
prácticas (Figura 11), abriendo un espacio para el desarrollo actualizado de prácticas de laboratorio que involucren activamente el uso de tecnologías.

**Figura 10.**  
*Gráfico circular pregunta 9*



Nota. El gráfico muestra las respuestas obtenidas de la pregunta número nueve: ¿El tiempo destinado para el desarrollo de las prácticas es el adecuado permitiendo llevar a cabo el levantamiento de la información para proceder a su respectivo análisis?

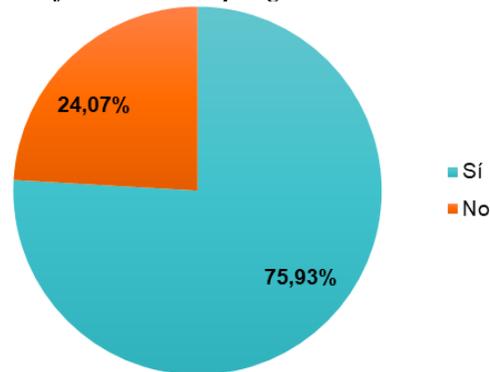
**Figura 11.**  
*Gráfico circular pregunta 10*



Nota. El gráfico muestra las respuestas obtenidas de la pregunta número diez: ¿Las prácticas de laboratorio diseñadas incorporan el uso de TIC's?

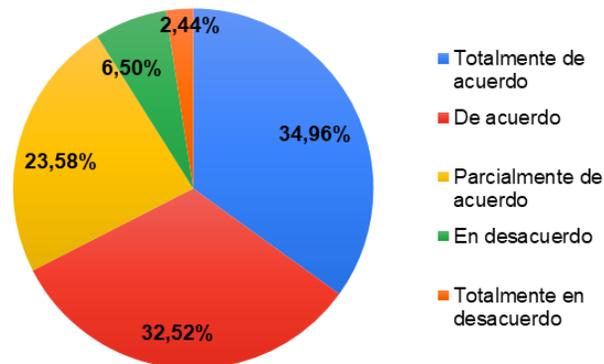
El 75,93% de los estudiantes contaron con guías de laboratorio para orientarse en el desarrollo de las prácticas (Figura 12), de los cuales el 67,48% consideran que existe total relación entre estas guías y los conceptos impartidos por los docentes en el aula (Figura 13).

**Figura 12.**  
Gráfico circular pregunta 11



Nota. El gráfico muestra las respuestas obtenidas de la pregunta número once: ¿Contó con el apoyo de guías de laboratorio para orientarse durante el desarrollo de las prácticas?

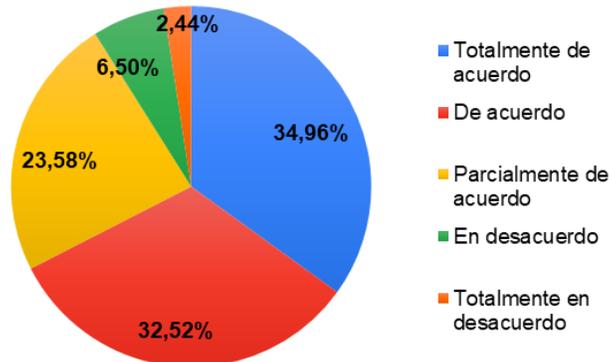
**Figura 13.**  
Gráfico circular pregunta 12



Nota. El gráfico muestra las respuestas obtenidas de la pregunta número doce: ¿Existe total relación entre la guía suministrada para cada práctica de laboratorio de Ingeniería de calidad y los conceptos impartidos por los docentes en el aula?

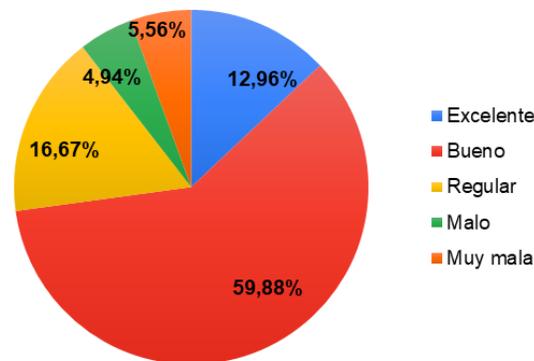
Finalmente, las dos últimas preguntas fueron diseñadas para estimar la percepción de los estudiantes, respecto a las prácticas de laboratorio, en cuanto a la experiencia desde los ámbitos educativo y personal, de lo cual se obtuvo que más del 70% de los estudiantes consideraron que las prácticas de laboratorio generan un aporte valioso en su formación como ingenieros industriales (Figura 14) y evalúan como buena la experiencia vivida en el aula (Figura 15).

**Figura 14.**  
*Gráfico circular pregunta 13*



Nota. El gráfico muestra las respuestas obtenidas de la pregunta número trece: ¿Considera que las prácticas de laboratorio de ingeniería de calidad desarrolladas generaron un valioso aporte en su formación como ingeniero industrial?

**Figura 15.**  
*Gráfico circular pregunta 14*



Nota. El gráfico muestra las respuestas obtenidas de la pregunta número catorce: Califique su experiencia con las prácticas de laboratorio de Ingeniería de Calidad.

### ***7.1.2. Análisis de brechas a partir del benchmarking.***

Se realizó un benchmarking con otros programas académicos de universidades nacionales e internacionales con el fin de identificar algunas de las ventajas y desventajas presentes en el Manual de Prácticas de Ingeniería Industrial: Ingeniería de la Calidad y determinar las principales diferencias con estos programas académicos, permitiendo formular algunas propuestas de mejoramiento que contribuyeron al desarrollo de mejores prácticas de laboratorio. Para un

mejor análisis de los resultados obtenidos en el estudio, se construyó un análisis de brechas (Tabla 8), en el que se evaluaron las diferencias encontradas a través del benchmarking.

**Tabla 8.**

*Análisis de brechas a partir del benchmarking*

<i>Universidad Industrial de Santander</i>			
<i>Universidad</i>	<i>Estado Actual ¿Dónde estamos?</i>	<i>Aporte de Otras Universidades ¿A dónde queremos llegar?</i>	<i>Identificación de a Brecha ¿Cómo podemos lograrlo?</i>
<i>Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá</i>	Prácticas de laboratorio para complementar el componente experimental del área de la Calidad.	Cuentan con un laboratorio Integrado de Ingeniería Industrial y con equipos tecnológicos modernos como la impresora 3D, entre otros.	Inversión en equipos especializados que mejoren las condiciones de las prácticas.
<i>Universidad de los Andes</i>	Prácticas de laboratorio para complementar el componente experimental del área de la Calidad.	Cuentan con un laboratorio de Ambiente Integrado de Aprendizaje y con equipos tecnológicos modernos como la impresora 3D y software de simulación, entre otros. Además, integran casos de estudio y un proyecto final de trabajo de campo.	Inversión en equipos especializados que mejoren las condiciones de las prácticas. Integrar casos de estudio y la simulación de procesos en las prácticas.
<i>Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito</i>	Prácticas de laboratorio para complementar el componente experimental del área de la Calidad.	Cuentan con un laboratorio especializado de producción con herramientas de última tecnología, equipos tecnológicos modernos como la banda transportadora, scanner 3D, equipo para prototipado rápido y software para simulación.	Inversión en equipos especializados que mejoren las condiciones de las prácticas. Actualizar los contenidos teóricos de las prácticas por medio de la simulación de procesos.
<i>Universidad Pontificia Bolivariana</i>	Prácticas de laboratorio para complementar el componente experimental del área de la Calidad.	Cuentan con un laboratorio de Control de Calidad y un manual con las normas generales, una guía para la presentación de informes, un caso de estudio y doce prácticas con objetivo general, específicos, teoría previa a la práctica, marco teórico, materiales, procedimiento y bibliografía.	Actualizar los contenidos de las prácticas en relación con el componente teórico de la asignatura.

**Tabla 8.***Análisis de brechas a partir del benchmarking*

<i>Universidad Industrial de Santander</i>			
<i>Universidad</i>	<i>Estado Actual ¿Dónde estamos?</i>	<i>Aporte de Otras Universidades ¿A dónde queremos llegar?</i>	<i>Identificación de a Brecha ¿Cómo podemos lograrlo?</i>
<i>Universidad del Valle</i>	Prácticas de laboratorio para complementar el componente experimental del área de la Calidad.	Cuentan con un laboratorio de Control de Calidad y la asignatura es una de las tres áreas de investigación en la que los estudiantes se pueden especializar.	Implementar componente investigativo en la asignatura de Ingeniería de Calidad.
<i>Universidad Nacional Autónoma de México</i>	Prácticas de laboratorio para complementar el componente experimental del área de la Calidad.	Documentación propia del manual de laboratorio reglamentado bajo el Sistema de Gestión de Calidad y la metodología implementada en las guías de laboratorio para su correcto entendimiento y desarrollo.	Reglamentar el manual de prácticas con respecto al Sistema de gestión de Calidad.
<i>Universidad de Chile</i>	Prácticas de laboratorio para complementar el componente experimental del área de la Calidad.	No aplica	No aplica
<i>Universidad de Buenos Aires</i>	Prácticas de laboratorio para complementar el componente experimental del área de la Calidad.	No aplica	No aplica
<i>Universidad Nacional de Córdoba</i>	Prácticas de laboratorio para complementar el componente experimental del área de la Calidad.	Análisis de casos de estudio en cada una de las prácticas para buscar solución a problemas de la vida real.	Implementar casos de estudio en las prácticas.
<i>Universidad de Puerto Rico</i>	Prácticas de laboratorio para complementar el componente experimental del área de la Calidad.	Metodología de aplicación en programas de software como MINITAB® y MATLAB® en la solución de problemas de control Estadístico de la calidad	Integrar programas de software para el desarrollo de las prácticas.

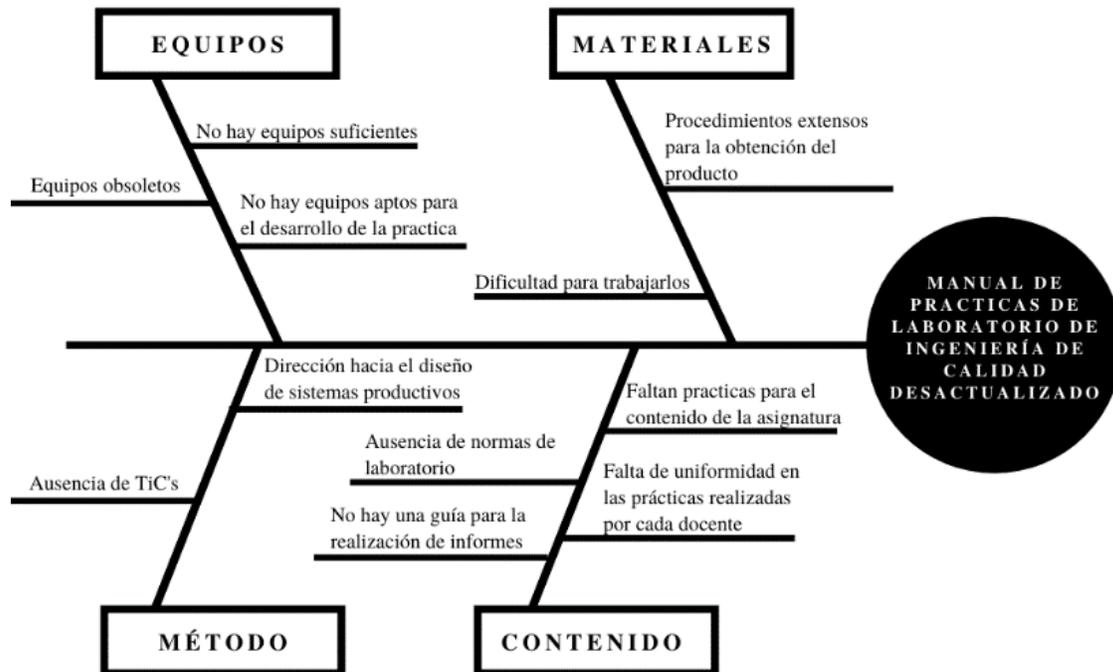
**Tabla 8.***Análisis de brechas a partir del benchmarking*

<i>Universidad Industrial de Santander</i>			
<i>Universidad</i>	<i>Estado Actual ¿Dónde estamos?</i>	<i>Aporte de Otras Universidades ¿A dónde queremos llegar?</i>	<i>Identificación de a Brecha ¿Cómo podemos lograrlo?</i>
<i>Universidad de Guadalajara</i>	Prácticas de laboratorio para complementar el componente experimental del área de la Calidad.	Aplicación de software de control como principal herramienta del control estadístico de la calidad para la aceptación o rechazo de lotes.	Conocer y aplicar software de control en el desarrollo de las prácticas.

Nota. En la tabla se presenta el análisis de brechas realizado con universidades nacionales e internacionales seleccionadas. Dado el caso la Universidad analizada no cuente con componente práctico de la asignatura referente al área de Calidad se utiliza No aplica en el recuadro correspondiente.

### **7.1.3. Conclusiones del estudio diagnóstico**

De la información recolectada de la encuesta realizada a los estudiantes, de la valoración del contenido del manual de prácticas de laboratorio actual, del análisis teórico de la asignatura y del análisis de brechas diseñado a partir del benchmarking, se puede concluir que, las principales causas del problema de desactualización del manual de prácticas de laboratorio: Ingeniería de Calidad son los equipos, los materiales, el método y el contenido. A partir de esto se diseña el diagrama de Ishikawa (Figura 16) con los resultados de las herramientas de diagnóstico mencionadas.

**Figura 16.***Principales causas del problema de desactualización*

Nota. La figura muestra el diagrama de Ishikawa para la desactualización del manual de prácticas de laboratorio de ingeniería de calidad.

#### 7.1.3.1. Los equipos.

- Actualmente el laboratorio cuenta con equipos que en su mayoría son obsoletos lo que impide el uso de los instrumentos necesarios.
- La cantidad de equipos de los laboratorios no alcanzan para la totalidad de los estudiantes, por ende, el desarrollo de las prácticas es más lento.
- No hay equipamiento apto del laboratorio para el desarrollo de la totalidad de las prácticas expuestas en el actual manual.

#### 7.1.3.2. Los materiales.

- Los materiales necesarios para el desarrollo de los laboratorios en su mayoría requieren un proceso, debido al tipo de material solicitado los procedimientos para obtener el producto final son demasiado largos.

- Los materiales requeridos son difíciles de manejar y procesar, lo que impide el adecuado desarrollo de la práctica.

#### **7.1.3.3. El método.**

- El manual de prácticas de laboratorio está diseñado para la creación e implementación de un sistema productivo, aun cuando la calidad hace más eficiente el proceso de desarrollo de los sistemas la finalidad de las practicas deben ir enfocadas a complementar la temática concerniente a la asignatura ingeniería de calidad.
- El uso de las TIC es fundamental entre las habilidades que debe tener un profesional, el manual vigente no cuenta con una suficiente formación en estas competencias.

#### **7.1.3.4. El contenido.**

- Es necesario complementar más contenidos de la asignatura con prácticas de laboratorio afines que permitan una mejor comprensión del área de calidad.
- Existe fundamentos teóricos desactualizados, por ende, se solicitan actividades que no están en línea con el contenido de la asignatura.
- No cuenta con un apartado de normas para uso del laboratorio, el cual es un requerimiento básico en el desarrollo de prácticas.
- No se cuenta con una guía para la presentación de informes, lo que dificulta la realización por parte de los estudiantes y la calificación por parte de los docentes.

## 7.2. Descripción de modelos de enseñanza y mediaciones pedagógicas afines

Se inicia por la identificación de las necesidades de la revisión literaria, es decir se plantean las preguntas concernientes a las metodologías de enseñanza y teorías de aprendizaje y su aplicación en los laboratorios del componente práctico de la Ingeniería de Calidad, esto con el fin de prevenir errores conceptuales en el diseño de las prácticas a proponer, conocer los métodos efectivos de enseñanza y cómo se aplican. Una vez establecidas las necesidades, se define el protocolo que guía la búsqueda bibliográfica en las fuentes de información. Dentro de los componentes se encuentran las palabras y frases claves: "teaching methods", "learning theory", "laboratory", "experimental", "quality control", "process control" y los operadores booleanos "OR", "AND". Generando la ecuación de búsqueda ingresada en la base de datos de ScienceDirect: ("teaching methods" OR "learning theory") AND ("laboratory" OR "experimental") AND ("quality control" OR "process control"). En la revisión, se tiene en cuenta que los artículos se encuentren publicados entre los últimos cinco años, es decir, desde el 2016 al 2020 y que por tipo sean artículos de revisión y artículos de investigación.

Como resultado de la revisión literaria se encuentran 157 artículos, los cuales son procesados en la herramienta de software VOSviewer para analizar y visualizar la literatura científica, generando el mapa de Figura 17.



**Tabla 9.**

*Análisis comparativo de los modelos de enseñanza*

<i>Modelo de enseñanza</i>	<i>Características</i>	<i>Rol del docente</i>	<i>Rol del alumno</i>	<i>¿Cómo se promueve el aprendizaje?</i>
<i>Teoría conductista</i>	Se centra en los estímulos para producir una respuesta conductual en el ser humano. Mantiene un sistema de premio y castigo para generar la motivación en el aprendizaje.	Sujeto activo del proceso de aprendizaje. Actúa con la finalidad de moldear la conducta de los estudiantes.	No tiene decisión en el aprendizaje. Es moldeado al entorno que lo rodea. No se cuestiona ni propone en el proceso de aprendizaje.	El comportamiento es adquirido automáticamente a partir de un estímulo y la respuesta generada por la repetición mecánica. Utiliza el refuerzo positivo y negativo para controlar y entrenar a los estudiantes con la finalidad de que estos aprendan con éxito. Sus actividades están encaminadas a la repetición y memorización.
<i>Teoría Cognitivista</i>	Se basa en estructuras mentales o esquemas que tiene el estudiante. La retroalimentación es fundamental para guiar las conexiones mentales que se desean desarrollar en el proceso de aprendizaje.	Facilitador de información y experiencias prácticas que se encuentran en el desarrollo común del estudiante.	Es un agente activo que se encarga de resolver situaciones problemáticas.	Proporciona una situación real que plantea un problema a solucionar, el estudiante se encarga de resolverlo de forma experimental tras pasar por un proceso de observación.
<i>Teoría sociocultural</i>	El ambiente cultural que envuelve al sujeto se convierte en la fuente de aprendizaje. El individuo únicamente aprende a través del contacto con el entorno. El conocimiento se da mediante la construcción social.	Es un agente cultural que imparte su conocimiento en un contexto experiencial de medios socioculturalmente determinados. Es un mediador entre el aprendizaje y el entorno.	Es un agente activo en la construcción del conocimiento mediante la interacción con su entorno.	El conocimiento se da a partir del aprendizaje colaborativo y el estudiante solo podrá incursionar en el contexto sociocultural donde se desarrolla, por tanto, el docente debe determinar el grado de ayuda que requiere el alumno para proporcionar acompañamiento.
<i>Teoría Constructivista</i>	Tiene como objetivo otorgar al estudiante una mayor responsabilidad, por lo que el conocimiento se desarrolla a través de actividades socialmente compartidas, participación directa, uso de herramientas cognitivas y desarrollo de habilidades.	Facilitador de información, destrezas y valores. Se considera un participante más en el proceso de aprendizaje y un puente entre el alumno y el conocimiento.	Es un participante activo, responsable del proceso de aprendizaje. Descubre y transforma la información compleja de manera individual y la coteja con nueva información para apropiarse del conocimiento.	El aprendizaje activo permite el desarrollo del conocimiento a través de una comprensión más profunda, una motivación más fuerte y un mayor desarrollo de competencias. Los métodos de enseñanza se centran en el estudiante fomentando el desarrollo del pensamiento y la creatividad. La enseñanza se desarrolla mediante un proceso de innovación para adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno.

Según Carril (2004) “Si entendemos el aprendizaje como un proceso, es tiempo de que el alumno sea partícipe activo de ese proceso” por lo cual para obtener mejores resultados es necesario “que no se limite a tomar apuntes, cual mero observador de una realidad que no lo modifica”. De manera que, en la actualidad, el docente es quien se encarga de ser un puente entre el saber y el alumno, un intermediario que permite la integración de los estudiantes incentivando la participación activa en el debate y la profundización de temas, logrando usar los conocimientos de los alumnos para conectarlos con los nuevos aprendizajes (Torchia, 2004).

Teniendo en cuenta lo presentado en la Tabla 9 y la información recopilada de la revisión de la literatura se opta por la utilización de la teoría constructivista, la cual, se enfoca en construir el conocimiento mediante la experiencia rica en contexto, proponiendo un ambiente de aprendizaje que sostiene múltiples perspectivas e interpretaciones, que le brindan al estudiante la oportunidad de ampliar su experiencia. Esto permite que el alumno sea capaz de construir su conocimiento mientras cuenta con el docente como guía.

Este ambiente de aprendizaje se puede diferenciar por que provee contacto con múltiples representaciones de la realidad que evaden las simplificaciones y representan el mundo en su complejidad, enfatiza en construir conocimiento dentro de su propia reproducción, resalta tareas auténticas en el contexto, proporciona entornos de vida diaria en lugar de una secuencia de instrucciones, fomentan la reflexión, permiten el contexto y el contenido dependiente del proceso de construcción del conocimiento y apoya la construcción colaborativa del aprendizaje fuera de la competitividad entre estudiantes (Hernández, 2008).

El papel del docente en la creación de las condiciones óptimas y en su rol de facilitador del conocimiento, orienta al estudiante de forma progresiva durante el proceso de aprendizaje y genera

la posibilidad del desarrollo del pensamiento crítico y creativo, permitiendo que en situaciones reales este pueda desenvolverse con mayor facilidad.

Kolb y Fry (como se citó en Rodríguez, 2018) plantean que la manera de aprender es a través de una experiencia y proponen un modelo de cuatro cuadrantes (Figura 18) que explica las diferentes formas en que las personas aprenden, de manera que el proceso de aprendizaje consiste en un ciclo experiencial que incluye:

- **Reflexión:** Brinda al estudiante la posibilidad de analizar los nuevos conceptos mediante el uso de diferentes herramientas que le permiten profundizar en el proceso de aprendizaje.
- **Teorización:** Implica la categorización y la estructuración de la información de manera grupal e individual.
- **Aplicación sobre lo aprendido:** Con base a lo aprendido se acciona para reforzar el conocimiento adquirido.

**Figura 18.**

*Matriz de cuatro cuadrantes de aprendizaje de Kolb.*



Nota. La imagen muestra la matriz de cuatro cuadrantes de aprendizaje de Kolb. Tomado de Los modelos de aprendizaje de Kolb, Honey y Mumford: implicaciones para la educación en ciencia por Rodríguez, R. (2018), Sophia.

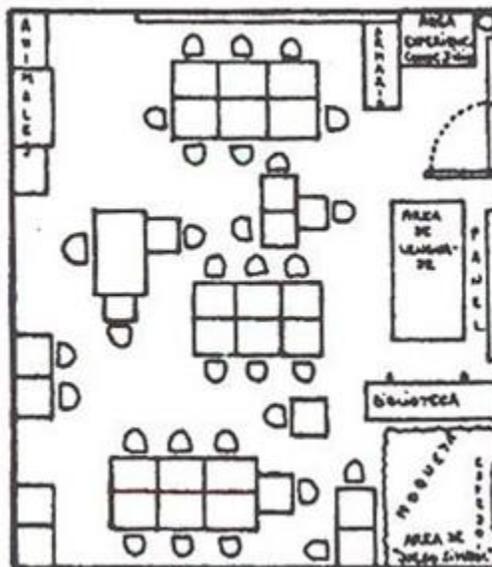
En ese sentido, son diversos los actores que influyen en la consecución de un proceso de aprendizaje. De manera más específica se opta por el uso de la metodología de ambientes de aprendizaje puesto que brinda flexibilidad en el proceso educativo y permite la construcción del conocimiento tomando como base múltiples perspectivas, en las cuales se pretende dar un acercamiento a la realidad mediante actividades ricas en contexto (Islas, 2016). Es así como se pueden implementar diferentes métodos que permiten un mayor acercamiento al estudiante y una mayor oportunidad de aprendizaje, dentro de los que se destacan:

- **Método de casos:** Consiste en el estudio de casos. Estos son la presentación de situaciones problemáticas de la vida real que pueden ser estudiadas y analizadas por los estudiantes. A través de ellos se generan valoraciones y se emiten juicios que llevan a la construcción de conclusiones conjuntas (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, s.f.)
- **Aprendizaje basado en equipos:** Haciendo uso de una situación experimental, se genera un trabajo colaborativo que permite a los estudiantes poner en práctica lo aprendido mediante el trabajo grupal, lo que refuerza el aprendizaje crítico y sinterización de resultados (Morgana y Soto, 2016).
- **Aprendizaje en ambientes simulados:** Se basa en la construcción de ambientes controlados, diseñados a partir de situaciones reales, que proporcionan al estudiante a posibilidad de evaluar y generar soluciones frente a una determinada experiencia (Jerez, 2015).
- **Trabajo colaborativo:** Se enfoca en la interacción de pequeños grupos de trabajo que tienen como finalidad el desarrollo de tareas especiales que permiten, mediante a relación

con otros, la resolución de problemas, la organización de la información y la entrega de resultados (Revelo et al., 2018)

Es importante recalcar que esta metodología es favorecida por el espacio físico y la distribución espacial de los estudiantes en el laboratorio de ingeniería de calidad de la Universidad Industrial de Santander, pues este presenta una organización espacial activa (Figura 19) donde se posibilita el contacto entre grupos de trabajo y se pueden generar actividades grupales e individuales simultáneas durante el desarrollo de las prácticas.

**Figura 19.**  
Organización espacial activa



Nota. Tomado de Ambientes de aprendizaje. Una aproximación conceptual por Duarte, J. (2003), Estudios Pedagógicos.

Teniendo en cuenta lo anteriormente nombrado, se propone una metodología para llevar a cabo el desarrollo de la asignatura (Figura 20) que inicia con la presentación en el aula por parte del docente de acuerdo con las características metodológicas que este desee utilizar para la introducción de nuevos conceptos y procede con el inicio de la práctica de laboratorio. Esta comienza con la previa lectura y evaluación de un caso de estudio que tendrá espacio de

socialización antes de iniciada la práctica, posteriormente presenta una situación problema como simulación de una situación real a resolver y una fundamentación teórica para concluir la apropiación del conocimiento en el estudiante, continua con la descripción de la práctica que es la explicación del trabajo experimental a desarrollar y finaliza en unas preguntas generales a responder dentro de un informe de laboratorio que evidencie la resolución del problema y la discusión grupal desarrollada.

**Figura 20.**

*Metodología para llevar a cabo el desarrollo de la asignatura*



A partir de este punto se plantea una nueva estrategia de búsqueda en la que se utilizan diversas fuentes de información como Scopus, ProQuest, ResearchGate, Redalyc, Semantic Scholar y Google Scholar, las cuales se usan para encontrar textos completos de algunos artículos académicos no accesibles a través de la base de datos previamente consultada. Además, se toman en cuenta los artículos relacionados que brindan estos buscadores dado que se encuentran previamente identificados los términos y conceptos más usados, las metodologías de enseñanza a implementar en la construcción del nuevo manual, autores que hablan acerca del tema y demás información seleccionada de la revisión literaria inicial.

Se construye un modelo constituido por etapas (Figura 21) para desarrollar la identificación, análisis y el diseño de la practicas de laboratorio, teniendo en cuenta que este debe

posibilitar la continuidad en la experimentación con la teoría, así como observar la relación de todos los componentes o elementos decisivos que intervienen en un problema (conceptos, procedimientos, métodos y tecnologías que permiten su ejecución).

**Figura 21.**

*Etapas de identificación, análisis y diseño de las prácticas*



- **Etapa 1. Delimitación de la práctica:** Se decide acceder a una panorámica general sobre la temática a tratar en cada una de las prácticas, contestando preguntas como: ¿Cuál es la práctica que se va a analizar?, ¿Dónde se inicia? y ¿Dónde termina?, se fija el objetivo del estudio; éste servirá de guía para la investigación, el análisis y la propuesta del procedimiento o procedimientos de la práctica en estudio.

En este punto se tiene en cuenta el estudio diagnóstico realizado al manual de laboratorio vigente, el cual permite obtener una visión clara de las practicas a desarrollar, las necesidades de los estudiantes y las posibilidades de mejora presentes en el desarrollo del proyecto. Adicionalmente se utiliza la herramienta de técnica de grupo, denominada lluvia de ideas, con el apoyo de Juan Camilo Lesmez Peralta (director del proyecto) y Frank Nicolás Delgado, profesores de la asignatura Ingeniería de Calidad, donde se obtiene información más completa de los esperado en las practicas, dado que tienen una relación directa y constante con los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura.

- **Etapa 2. Investigación Documental:** Se acudió a diversas fuentes para recolectar documentos y datos, que una vez organizados, analizados y sistematizados, permitieron conocer los procesos tal y como operan en el momento, y posteriormente proponer los ajustes que se consideraron convenientes para el desarrollo del manual, entre los que destacan las tecnologías digitales y físicas en las que se sustenta la revolución industrial 4.0 como “estrategia de alta tecnología”, de modo que se apunta al uso de herramientas tecnológicas que combinen la infraestructura física con software mediante la simulación de procesos, tecnología 3D, análisis estadístico digital y uso de laboratorios remotos.
- **Etapa 3. Toma de decisiones:** Teniendo en cuenta todos los factores presentes en las etapas 1 y 2 se condensa la información, se realiza una evaluación efectiva que lleve a continuar el proceso iniciado desde el diagnóstico, de manera que esta etapa se orienta al cumplimiento de la metodología planteada para el desarrollo de la asignatura y se orienta a la obtención de los componentes básicos diseñados para la práctica.  
  
En este punto se seleccionó la información acoplada a los objetivos y se implementaron sesiones de retroalimentación con el docente Juan Camilo Lesmez Peralta (director del proyecto) donde se evaluó la viabilidad de las selecciones realizadas, de manera que a través de un trabajo colaborativo se condensaron los recursos teóricos y experimentales a utilizar en las prácticas.
- **Etapa 4. Construcción de la práctica:** Mediante la combinación de la información seleccionada se da forma a la práctica constituyéndola en un apartado del manual de prácticas de laboratorio diseñado en este proyecto.

### 7.3. Propuesta de manual de prácticas de ingeniería de calidad

#### 7.3.1. Componentes de las prácticas de laboratorio contenidas en el Manual

Para la realización del nuevo manual se consideró un formato estandarizado para todas las practicas (Figura 22).

#### Figura 22.

##### Formato de las prácticas de laboratorio

###### *Acción 1. Reflexiva.*

<b>1. Objetivos</b>
<b>2. Caso de estudio</b>
<b>3. Situación problema</b>

###### *Acción 2. Teórica.*

<b>4. Fundamentación teórica</b>

###### *Acción 3. Aplicación sobre lo aprendido.*

<b>5. Instrumentos, materiales y equipos</b>
<b>6. Descripción de la práctica</b>
<b>7. Preguntas</b>
<b>8. Bibliografía</b>

A continuación, se detalla las partes que conforman las practicas:

**7.3.1.1. Acción 1. Reflexiva.** Estimulación del proceso de aprendizaje en los estudiantes mediante el uso de actividades de apoyo, que involucran una presentación del conocimiento y generan oportunidad de pensamiento crítico, constructivo y reflexivo.

**7.3.1.1.1. Objetivos.** Se determina la meta final que se quiere alcanzar con la práctica y los conocimientos que se espera desarrollar en el estudiante tras la experimentación.

**7.3.1.1.2. Casos de estudio.** Se utiliza una situación real para transmitir conocimiento sobre cada uno de los temas trabajados, permitiendo al estudiante hacer una interpretación de la situación y exponer sus conclusiones sobre el tema.

**7.3.1.1.3. Situación problema.** Contextualización de la situación que se espera el estudiante solucione tras el desarrollo de la práctica.

**7.3.1.2. Acción 2. Teórica.** Se engloba una lectura que proporciona un complemento del conocimiento impartido en las aulas, así como el conocimiento adquirido en la etapa reflexiva.

**7.3.1.2.1. Fundamentación teórica.** Explicación de los conceptos involucrados en el ejercicio práctico.

**7.3.1.3. Acción 3. Aplicación sobre lo aprendido.** Es el desarrollo experimental donde el estudiante lleva a la práctica los conocimientos adquiridos mediante todo el proceso de aprendizaje.

**7.3.1.3.1. Instrumentos, materiales y equipos.** Elementos físicos o digitales necesarios para la correcta elaboración de la práctica.

**7.3.1.3.2. Descripción de la práctica.** Pasos a seguir para la realización del experimento por parte del estudiante.

**7.3.1.3.3. Preguntas.** Pretenden que el alumno de respuestas concretas respecto al experimento realizado, profundizando y evidenciando el conocimiento adquirido durante el proceso de aprendizaje.

**7.3.1.4. Bibliografía.** Compilación de fuentes de información utilizadas para la creación de cada una de las prácticas.

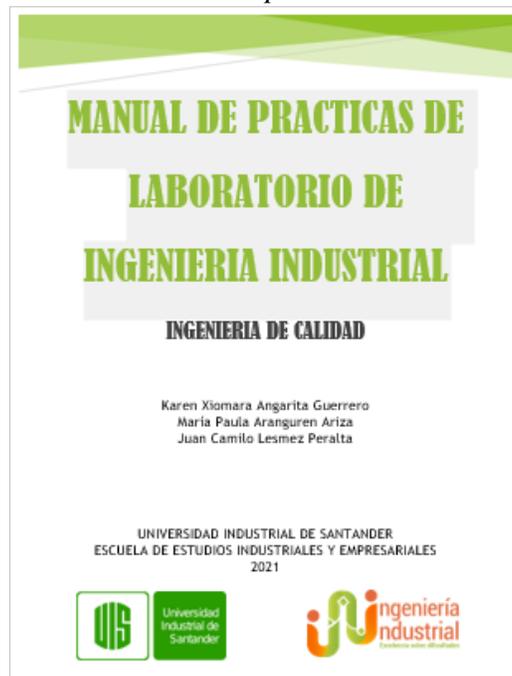
### 7.3.2. Estructura del manual de prácticas de laboratorio

El Manual de Prácticas de Laboratorio de Ingeniería Industrial: Ingeniería de Calidad (Apéndice G) es una herramienta que proporciona al estudiante un acercamiento práctico y actualizado de la asignatura, y permite la creación de competencias que amplíen la excelencia en la formación de profesionales en ingeniería industrial de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales en la Universidad Industrial de Santander.

**7.3.2.1. Portada.** Esta es la primera interacción con la que se encuentran los usuarios del laboratorio, por lo cual se diseñó una nueva portada que incluye el título, los autores, el logo de la universidad y el logo de ingeniería industrial (Figura 23)

**Figura 23.**

*Portada del manual de prácticas de laboratorio*



**7.3.2.2. Contenidos.** Son cinco páginas del manual que corresponden a los títulos: tabla de contenido (Figura 24), lista de tablas (Figura 25), lista de figuras (Figura 26) y lista de apéndices

(Figura 27). En ellas se enumera nombra y enumera cada una de las partes del documento, permitiendo una búsqueda rápida por parte del usuario.

**Figura 24.**  
*Tabla de contenido del manual de prácticas de laboratorio*

ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES INGENIERIA DE CALIDAD	
Tabla de contenido	
	Pág.
Introducción.....	6
Práctica de Laboratorio No. 1: Histogramas.....	7
Práctica de Laboratorio No. 2: Gráficos de Control por Variables.....	14
Práctica de Laboratorio No. 3: Gráficos de Control por Atributos.....	25
Práctica de Laboratorio No. 4: Repetibilidad y Reproducibilidad.....	34
Práctica de Laboratorio No. 5: Muestreo de Aceptación.....	45
Práctica de Laboratorio No. 6: Capacidad del Proceso.....	57
Bibliografía.....	65

**Figura 25.**  
*Lista de tablas del manual de prácticas de laboratorio*

ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES INGENIERIA DE CALIDAD	
Lista de tablas	
	Pág.
Tabla 1. Datos recolectados.....	8
Tabla 2. Tiempo de atención al cliente en la caja rápida.....	15
Tabla 3. Recolección del peso de las muestras de lana.....	23
Tabla 4. Operarios de las máquinas.....	27
Tabla 5. Funciones ejecutadas.....	28
Tabla 6. Datos de mediciones a los especímenes con calibrador analógico.....	36
Tabla 7. Datos de las mediciones en los especímenes, con calibrador digital.....	37
Tabla 8. Análisis ANOVA.....	38
Tabla 9. Error de muestreo de aceptación.....	53
Tabla 10. Índices de capacidad.....	60
Tabla 11. Rangos de valores establecidos para los índices.....	61
Tabla 12. Pruebas dimensionales del cubo de 20 mm.....	63

**Figura 26.**

*Lista de figuras del manual de prácticas de laboratorio*

ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES INGENIERÍA DE CALIDAD		ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES INGENIERÍA DE CALIDAD	
<b>Lista de Figuras</b>			
	<b>Pag.</b>		
Figura 1. Histograma de los resultados obtenidos.....	9	Figura 25. Tabla de muestreo de aceptación por atributos.....	46
Figura 2. Ejemplo de histograma.....	10	Figura 26. Curvas Características de Operación (CO).....	47
Figura 3. Tipos de distribuciones en un histograma.....	11	Figura 27. Curva de Calidad de Promedio de salida (AOQ).....	47
Figura 4. Gráfica de control para la media de tiempos de servicio en la caja rápida.....	16	Figura 28. Curva de Inspección Total Promedio (ATI).....	48
Figura 5. Control de rangos para caja rápida.....	17	Figura 29. Metodología de la inspección de un lote.....	53
Figura 6. Estructura de graficas de control.....	18	Figura 30. Imagen del modelo final antes de la ejecución.....	54
Figura 7. Ejemplo gráfico de control por variables X-R.....	20	Figura 31. Imagen del modelo final después de la ejecución.....	54
Figura 8. Ejemplo gráfico de control por variables X-S.....	21	Figura 32. ACP para la variable peso sobre de azúcar.....	58
Figura 9. Prueba 1: Un dato situado fuera de los límites de control.....	21	Figura 33. Ejemplo informe de capacidad del proceso.....	61
Figura 10. Prueba 2: Ocho datos consecutivos que no tocan la línea central.....	21	Figura 34. Cubos usados en la prueba dimensional.....	62
Figura 11. Prueba 3: Cinco datos consecutivos ascendentes o descendentes.....	22		
Figura 12. Prueba 4: Catorce datos consecutivos alternados arriba y abajo.....	22		
Figura 13. Prueba 5: Dos o tres puntos en la zona A o fuera.....	22		
Figura 14. Prueba 6: Cuatro de cinco puntos consecutivos en la zona B o más allá.....	22		
Figura 15. Prueba 7: Quince puntos consecutivos en la zona C.....	22		
Figura 16. Prueba 8: Ocho puntos consecutivos situados fuera de la zona C.....	22		
Figura 17. Gráfica de Control de Resultados de Comportamientos Inseguros.....	28		
Figura 18. Gráfico de Control de Resultados de Comportamientos Seguros.....	29		
Figura 19. Ejemplo gráfico de control por atributos p.....	30		
Figura 20. Ejemplo gráfico de control por atributos np.....	31		
Figura 21. Ejemplo gráfico de control por atributos c.....	31		
Figura 22. Caga de brocas en MDF: caso de estudio.....	35		
Figura 23. Instrumentos de medición y medidas a realizar en R&R.....	36		
Figura 24. Ejemplo informe R&R.....	42		
	3		4

**Figura 27.**

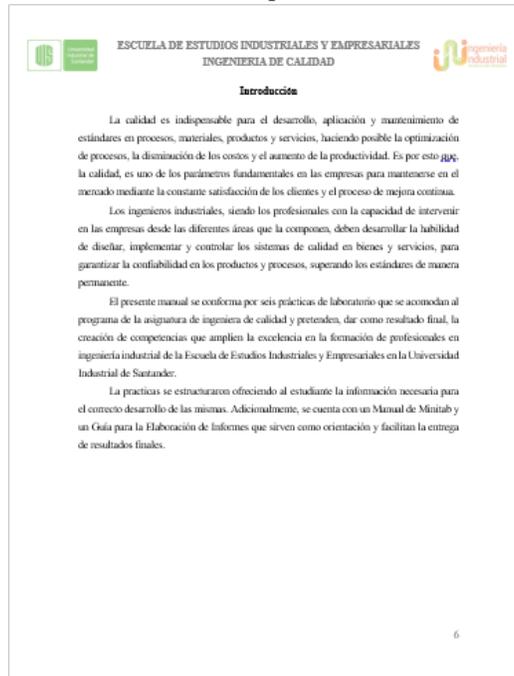
*Lista de apéndices del manual de prácticas de laboratorio*

ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES INGENIERÍA DE CALIDAD	
<b>Lista de Anexos</b>	
(Los apéndices se encuentran adjuntos en una carpeta)	
Anexo A. Manual de <b>Minitab</b>	
Anexo B. Guía para la Elaboración de Informes	
5	

**7.3.2.3. Introducción.** Esta sección pretende contextualizar al estudiante respecto a lo que encontrara dentro del Manual de Prácticas de Laboratorio de ingeniería Industrial: ingeniería de Calidad (Figura 28).

**Figura 28.**

*Introducción del manual de prácticas de laboratorio*



**7.3.2.4. Prácticas de laboratorio.** Las temáticas abordadas en cada una de las prácticas de laboratorio siguen el mismo formato de diseño y a partir de la revisión bibliográfica se seleccionan el caso de estudio y la situación problema. A su vez, siguiendo los lineamientos y la transición hacia nuevos sistemas que están contruidos sobre la infraestructura de la revolución digital, se implementa la utilización de Minitab como software capaz de ejecutar funciones de la evaluación y control de la calidad de los procesos, el software Flexsim en la simulación de un básico proceso de inspección de calidad y el desarrollo de la fabricación aditiva en el uso de impresoras 3D, una de las tecnologías fundamentales de la industria 4.0, reconocida como proceso de fabricación que

marcará el futuro. La información correspondiente al diseño de cada práctica se describe a continuación.

**7.3.2.4.1. Histogramas.** La práctica se encuentra delimitada en la temática de herramientas básicas del control la calidad, analizando el comportamiento de un proceso, en este caso de un servicio ofrecido por una sucursal bancaria. La propuesta de la práctica surge con base en la investigación documental referida a la revolución industrial 4.0 y la lluvia de ideas con los docentes de la asignatura, se plantea la inclusión de la fabricación aditiva mediante la impresión 3D para el desarrollo tuercas, obteniendo una tabla de datos con respecto al diámetro interno y externo medidos con un calibrador a cada una de las piezas fabricadas y con la inclusión de una lista de datos generados por el docente, con comportamientos de diferentes distribuciones. Estos datos finalmente son analizados en el software Minitab.

El caso de estudio propuesto se basa en un artículo publicado en la base de datos El Sevier por la Universidad Tecnológica de Graz en Austria, acerca del análisis de dieciséis registros polisomnográficos tomados de 8 laboratorios europeos del sueño para analizar el control de calidad de las grabaciones de EEG (electroencefalografía) durante toda la noche.

**7.3.2.4.2. Gráficos de Control por Variables.** En esta práctica se analiza el contenido de gráficos de control por variables en el proceso productivo de una empresa de juguetes. Basada en la investigación documental, esta práctica es adaptada de material pedagógico de la Universidad Nacional de Mar del Plata para la asignatura Estadística Básica, donde se plantea la utilización de bloques de construcción en plástico (piezas de Lego), para obtener medidas de peso que permitan analizar el control en la variación de materia prima utilizada por una máquina inyectora, obteniendo una tabla de datos con la que se generan las respectivas gráficas en el software Minitab para su análisis.

El caso de estudio propuesto en esta práctica se basa en el artículo publicado por profesores investigadores en el Departamento de Política y Cultura de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, en el que se busca el control estadístico de la calidad de un servicio de atención de una caja rápida en la que se toma el tiempo de cada cliente desde que llega a la caja y se retira de ella.

**7.3.2.4.3. Gráficos de Control por Atributos.** La práctica se fundamenta en la aplicación del tema de gráficos de control por atributos, donde, a partir de la investigación documental y la lluvia de ideas sostenida con los docentes de la asignatura, se concluye implementar una práctica adaptada al contexto de la cuarta revolución industrial en la que se genere consciencia de uno de los objetivos de desarrollo sostenible impulsados por las Naciones Unidas, en este caso al objetivo 12 de la producción y consumo responsable, que busca reducir la huella ecológica mediante un cambio en los métodos de producción y consumo.

Esta práctica busca fomentar la recolección y la gestión ambiental adecuada de los residuos mediante el uso de las bombillas del punto de recolección LUMINA existente en la Universidad Industrial de Santander para clasificar sus defectos y utilizarlos mediante el uso del software Minitab para generar las gráficas correspondientes para su análisis.

Además, se plantea un caso de estudio con base en el artículo publicado por la profesora de Ergonomía, Seguridad y Gestión de Recursos Humanos y la profesora de Ingeniería y Gestión de la Calidad de la facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Central "Marta Abren" de Las Villas, orientado a evaluar el desempeño en el Programa de Seguridad en una fábrica de calzado de Santa Clara, Cuba, específicamente en la actividad donde se presiona la suela de la bota "coloso".

**7.3.2.4.4. Repetibilidad y Reproducibilidad.** El objetivo de esta práctica propone conocer la confiabilidad de los instrumentos de medición existentes en el laboratorio de ingeniería de calidad con el estudio de repetibilidad y reproducibilidad en el que se acuerda con los docentes de la asignatura continuar con la utilización de la balanza digital, dado que proporciona una medición precisa y se encuentra en buen estado. A partir de los datos recolectados por los integrantes del equipo, se hace uso del software Minitab y su análisis.

El caso de estudio planteado en esta práctica surge del caso de estudio descrito en el artículo publicado en la Revista de la Realidad Global, por cuatro profesores de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, en la que se considera tomar mediciones a un calibrador de brocas elaborado mediante Router CNC en material MDF.

**7.3.2.4.5. Muestreo de Aceptación.** En base a la investigación documental y al papel en la industria 4.0 del desarrollo software o sistemas de producción inteligentes para la mejora de los procesos, esta práctica se sustenta en el uso del software Flexsim para la simulación de un básico proceso de inspección en dos casos de muestreo de aceptación: un plan de muestreo por atributos y otro por variables tomados y sustentados por el software Minitab. Este laboratorio tiene la alternativa de ejecución de forma remota.

Seguido, se toma como caso de estudio la tesis de pregrado para otorgar el título de ingeniero industrial en la Universidad Nacional de San Antonio Abad de México, aplicada a los productores de artesanías del departamento de Cusco, esto con el fin de visualizar los retos que presentan los pequeños emprendedores y evaluar la calidad mediante el muestreo de aceptación de cerámicos para ocarinas y platos decorativos producidos en el distrito de Pisac.

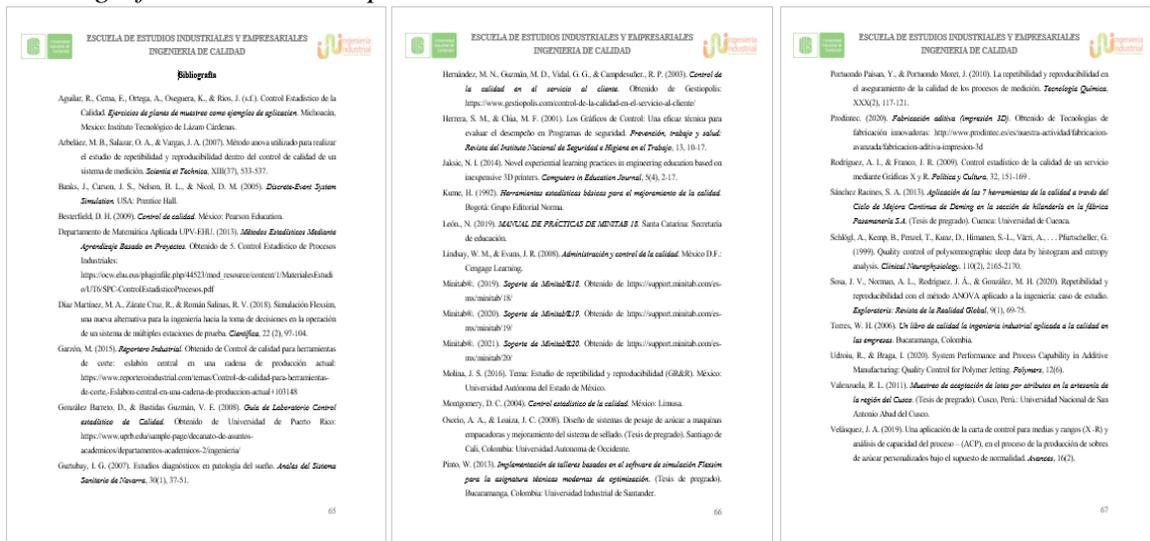
**7.3.2.4.6. Capacidad del Proceso.** En esta práctica se realiza un análisis de capacidad para evaluar el desempeño y precisión de un proceso productivo, y con base en la investigación

documental referida a la revolución industrial 4.0 y la lluvia de ideas con los docentes de la asignatura, se plantea la inclusión de la fabricación aditiva mediante la impresión 3D para el desarrollo de cubos plásticos. En este sentido, se adapta el artículo publicado por la Universidad Estatal de Colorado-Pueblo acerca de las nuevas prácticas de aprendizaje experiencial en la educación de ingeniería basado en impresoras 3D económicas para la construcción de la nueva práctica.

En la selección del caso de estudio, se adapta el artículo publicado en la Revista Avances Investigación en Ingeniería por un docente del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid de Colombia, en el que se plantea el análisis de capacidad del proceso de producción de sobres de azúcar personalizados bajo el supuesto de normalidad.

**7.3.2.5. Bibliografía.** En este apartado se hace una recopilación completa de la bibliografía utilizada para generar el contenido de todas las prácticas de laboratorio (Figura 29).

**Figura 29.**  
*Bibliografía del manual de prácticas de laboratorio*



### **7.3.2.6. Apéndices del Manual de prácticas de laboratorio.**

**7.3.2.6.1. Manual de Minitab para la Ingeniería de Calidad.** Minitab ofrece muchos métodos para ayudar a evaluar la calidad de manera cuantitativa y objetiva. Estos métodos incluyen herramientas básicas de la calidad, gráficas de control, análisis de sistemas de medición (estudios de Repetibilidad & Reproducibilidad), capacidad del proceso y muestreo de aceptación. Los análisis gráficos y estadísticos se explican paso a paso en la Guía del Manual de Minitab para la Ingeniería de la calidad (Apéndice H).

**7.3.2.6.2. Guía para la elaboración de informes.** Los informes de laboratorio describen el progreso o resultados de la práctica desarrollada en el laboratorio, la información presentada debe permitir al docente juzgar, evaluar o proponer conclusiones y/o recomendaciones. Por esto, es indispensable contar con una guía eficiente (Apéndice I), con una redacción clara y concisa que refleje el entendimiento que los estudiantes adquieren sobre el tema y que sigan una misma normatividad.

## **8. Conclusiones**

La valoración del contenido del vigente Manual de Prácticas de Ingeniería Industrial: Ingeniería de la Calidad, permitió la identificación de falencias en las prácticas No. 1, 3 y 5, relacionadas a la extensión, falta de equipos en el laboratorio para su correcto desarrollo y metodología repetitiva y confusa. Además, en su componente teórico se encontraron desaciertos y desactualización de conceptos con respecto al contenido temático de la asignatura Ingeniería de Calidad.

De acuerdo con la encuesta realizada a 172 estudiantes de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, que cursaron la asignatura ingeniería de calidad en los últimos 5

semestres, el 69,9% de los estudiantes consideran que los equipos, materiales e insumos no son suficientes, son obsoletos en cuanto a operación y funcionamiento y/o no se encuentran en buen estado, y aunque el espacio físico y las condiciones ambientales del laboratorio tienen buena apreciación, se considera que pueden mejorar. En cuanto a las prácticas, se perciben desactualizadas y diferenciadas por la metodología que aplica cada uno de los docentes, pues no se mantiene un estándar de aplicabilidad.

El análisis comparativo del programa de ingeniería industrial y las prácticas de laboratorio desarrollado con 5 universidades de Colombia y 6 universidades internacionales, brinda como principales aportes la incorporación de TICS, el uso de software de simulación, la integración del análisis de casos de estudio previos a cada práctica, el diseño de productos y la actualización del componente teórico.

Según los autores, la teoría constructivista es ideal para la implementación de prácticas de laboratorio por la manera que promueve el aprendizaje y, adicionalmente, por los roles que ocupan los estudiantes y docentes en la educación. Específicamente el uso de la metodología de ambientes de aprendizaje proporciona diferentes herramientas educativas que favorecen el acercamiento al estudiante y convierten el aprendizaje en una actividad dinámica e inclusiva.

Las 6 prácticas de laboratorio diseñadas, abarcan el contenido programático de la asignatura Ingeniería de Calidad en herramientas básicas de la calidad con histogramas de frecuencia, gráficos de control por atributos y por variables, muestreo de aceptación, capacidad del proceso y estudio de repetibilidad y reproducibilidad, en un formato con estructura reflexiva, teórica y de aplicación, donde prevalece el uso de herramientas como Minitab, Excel y Flexsim para que los estudiantes realicen el correspondiente análisis de datos según sea el caso.

De los resultados obtenidos en el diagnóstico se intervinieron los equipos con la adición de impresoras 3D, los materiales mediante el uso de productos existentes que faciliten el desarrollo de las prácticas como los bombillos, los tornillos y las piezas de lego. El método con la inclusión de TIC's y cambios en el enfoque pedagógico de las prácticas y finalmente los contenidos presentando una metodología para el desarrollo de la asignatura, un manual de Minitab para la ingeniería de calidad y un modelo de presentación de informes para la evaluación por parte del docente.

### **9. Recomendaciones**

Se recomienda realizar un constante benchmarking con universidades que oferten el programa de Ingeniería Industrial y aporten en grandes desarrollos e investigaciones sobre aportes en el campo del control de la calidad de procesos, con el propósito de crear, recopilar, comparar y analizar información clave que permita aportar a nuevas investigaciones y a la mejora continua en cuanto a tendencias de nivel nacional e internacional se refiere.

Se recomienda una continua búsqueda de metodologías de enseñanza y aprendizaje para la asignatura Ingeniería de calidad, que fomenten el interés constante del estudiante y le permita tener un rol más activo en su experiencia práctica de interacción con el entorno y que, a su vez, permitan su aplicabilidad bajo situaciones externas que modifiquen las metodologías habituales, como lo sucedido en el desarrollo del presente proyecto con la pandemia de COVID-19 declarada por la Organización Mundial de la Salud el 11 de marzo de 2020.

Se recomienda que el estudiante ingrese a cada una de las prácticas con la preparación de los conocimientos previos del tema a tratar y el análisis del caso de estudio, de modo que se logre un correcto desempeño en el desarrollo de la práctica, en el tiempo adecuado y con el propósito

académico referido. Así, el docente se enfoca en ofrecer al estudiante las instrucciones y recomendaciones concernientes al componente práctico de las guías de laboratorio.

Luego de cada laboratorio, se recomienda socializar los resultados obtenidos en la práctica, los imprevistos que se presentaron en el desarrollo y determinar si es necesario ajustar y reaprender para cumplir el objetivo. Esto con el fin de aportar al conocimiento a través de actividades socialmente compartidas y al mejoramiento continuo del proceso de aprendizaje.

Se recomienda generar espacios de capacitación continua a los estudiantes de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, en el uso de software como Excel, Minitab y Flexsim que contribuyan a la formación integral y los desafíos del futuro ingeniero industrial en el entorno laboral. Para asegurar una implementación exitosa, los cursos deben ser desarrollados por personal certificado.

Se recomienda generar un escenario de experimentación Digital, a partir de modelos de FLEXSIM (o cualquier otro software de simulación) en el que, dada la robustez del software, se pueda simular un proceso de producción o de servicios, del cual los estudiantes tengan retos de aplicar el componente práctico de la ingeniería de la calidad, definiendo variables a controlar y extrayendo los datos, tal como si estuvieran en una empresa real.

Se recomienda un escenario de experimentación en ambiente real a escala con ayuda de la integración tecnológica de la industria 4.0, mediante la inversión en otros equipos especializados como una cortadora laser, un escáner 3D, una banda transportadora, entre otras. Donde se puedan diseñar productos y aplicar la ingeniería de la calidad en diversos procesos productivos.

### Referencias Bibliográficas

- American Society for Quality [ASQ]. (2020). *Quality Glossary*. Obtenido de <https://asq.org/quality-resources/quality-glossary>
- Antón, M. (2010). Aportaciones de la teoría sociocultural al estudio de la adquisición del español como segunda lengua. *Revista española de lingüística aplicada*, 23, 9-30.
- Cárdenas, A. (2006). El benchmarking como herramienta de evaluación. *ACIMED*, 14(4).
- Carril, A. (2004). Replanteando el modelo tradicional. *Procesos y Productos. Experiencias Pedagógicas en Diseño y comunicación. XII Jornadas de Reflexion Academica en Diseño y Comunicación* (págs. 58-59). Buenos Aires, Argentina: Universidad de Palermo.
- Contreras, L., Trisancho, J., & González, K. (2015). Diseño de guías de laboratorio para desarrollar habilidades profesionales en la asignatura Automatización del programa de ingeniería industrial. *Revista Academia y Virtuaidad*, 8(2), 112-122.
- Cruz, A., & Peña, D. (2013). *Las prácticas de laboratorio como mediador pedagógico en la construcción de conocimiento escolar (tesis de pregrado)*. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Domínguez, J. (1994). La gestión de la calidad. En J. Domínguez (Ed), *Economía, legislación y administración de empresas* (págs. 333-356). Servicio de publicaciones Universidad De Murcia.
- Duarte, J. (2003). Ambientes de aprendizaje. Una aproximación conceptual. *Estudios Pedagógicos*, 29,99-113.
- Hernández, F. (2000). Los métodos de enseñanza de lenguas y las teorías de aprendizaje. *Encuentro. Revista de investigación e innovación en la clase de idiomas*, 11, 141-153.

- Hernández, R. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Restos y Perspectivas. *Propósitos y Representaciones*, 5(1), 325 – 347.
- Hernandez, S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 5(2), 26-35.
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. (s.f.). *Método de casos (Técnicas didácticas)*. Monterrey: Dirección de Investigación e Innovación Educativa.
- International Organization for Standardization [ISO]. (2020). *ISO 9000:2015 Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es:term:3.6.2>
- Intxaurburu, M., & Ochoa, C. (2005). Una revisión teórica de la herramienta de benchmarking. *Revista de Dirección y Administración de Empresas*, (12), 73-103.
- Islas, C. (2016). Los ambientes de aprendizaje constructivistas: un acercamiento desde la teoría de la actividad. *Revista Educ@rnos*, 5(20-21), 75-92.
- Jerez, O. (2015). *Aprendizaje activo, diversidad e inclusión. Enfoque, metodologías y recomendaciones para su implementación*. Santiago, Chile: Ediciones Universidad de Chile.
- Jiménez, C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(62), 917-937.
- León, O., & Romero, J. (2020). *Ambientes de aprendizaje accesibles que fomentan la afectividad en contextos universitarios*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- López, A., & Tamayo, O. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Reflexiones y Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145-166.
- Lorandi, A., Hermida, G., Hernández, J., & Ladrón, E. (2011). Laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Internacional de Educación en Ingeniería*, 4, 24-30.
- Mar, O., Santana, I., & González, J. (2019). Sistema de laboratorios remotos para la práctica de Ingeniería de Control. *Revista Científica*, 36(3), 356-366.
- Martins, S., Santos, A., & Carvalho, L. (2010). O Benchmarking e sua aplicabilidade em unidades de informação: uma abordagem reflexiva. *Revista do Centro de Ciências Sociais Aplicadas*, 7(1), 57-68.
- Mergel, B. (1998). Instructional design & learning theory. *Educational communications and technology. University of Saskatchewan*.
- Minitab®. (2021). *Minitab® Statistical Software*. Obtenido de <https://www.minitab.com/es-mx/products/minitab/>
- Morgana, D., & Soto, J. (2016). TBL - Aprendizaje Basado en Equipos. *Estudios pedagógicos*, 42(2), 437-447.
- Muraro, S., & Pérez, A. (2001). Aportes de las Tecnologías de la Información y la Comunicación a la Enseñanza Universitaria. Buenos Aires, Argentina: Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires.
- Orozco, E. (2009). Las teorías asociacionistas y cognitivas del aprendizaje: diferencias, semejanzas y puntos en común. *Docencia e Investigación*, 19, 175-191.
- Paniagua, G., & Palacios, J. (2008). *Educación infantil: Respuesta educativa a la diversidad*. Madrid, España: Alianza Editorial.

- Perasso, V. (2016). *Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos)* .  
Obtenido de BBC News | Mundo: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>
- Pérez, P. (2004). Revisión de las teorías del aprendizaje más sobresalientes del siglo XX. *Tiempo de Educar*, 5(10),39-76.
- Pinzón, D., Ballesteros, L., & Vega, S. (2017). *Diseño de manual didáctico para el uso del laboratorio de tecnología industrial e ingeniería de producción (tesis de pregrado)*.  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia.
- Real Academia Española [RAE]. (2020). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/calidad#8sGVu61>
- Revelo, O., Collazos, C., & Jiménez, J. (2018). El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: una revisión sistemática de literatura. *TecnoLógicas*, 21(41), 115-134.
- Rodríguez, M. L. (2004). Teoría del aprendizaje significativo. *Concept maps: theory, methodology, technology : proceedings of the first International Conference on Concept Mapping* (págs. 535-544). Pamplona, España: Universidad Pública de Navarra, Servicio de Publicaciones.
- Rodríguez, R. (2018). Los modelos de aprendizaje de Kolb, Honey y Mumford: implicaciones para la educación en ciencias. *Sophia*, 14(1), 51-64.
- Torchia, G. (2004). El docente como intermediario del saber. *Procesos y Productos. Experiencias Pedagógicas en Diseño y comunicación. XII Jornadas de Reflexion Academica en Diseño y Comunicación* (pág. 192). Buenos Aires, Argentina: Universidad de Palermo.
- Vielma, E., & Salas, M. (2000). Aportes de las teorías de Vygotsky, Piaget, Bandura y Bruner. Paralelismo en sus posiciones en relación con el desarrollo. *Educere*, 3(9), 30-37.

VOSviewer. (2021). *Visualizing scientific landscapes*. Obtenido de <https://www.vosviewer.com/>

Zamora, M. (2012). Laboratorios Remotos: actualidad y tendencias futuras. *Scientia et Technica*

*Año XVII*, 51, 113-118.