

**Plan de dirección y gestión de proyecto para la implementación de una estrategia mediada por TIC para la enseñanza remota de prácticas de laboratorio en el área de automatización industrial**

**Hernán Josué Hernández Lamprea**

**Pedro Pablo Diaz Jaimes**

**Trabajo de grado para optar el título de Magister en Dirección y Gestión de Proyectos**

**Director**

**Cesar Hernando Valencia Niño**

**Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica**

**Codirector**

**Sergio Andrés Zabala Vargas**

**Maestría en administración de proyectos**

**Universidad Santo Tomas, Bucaramanga**

**División de Ingenierías y Arquitectura**

**Maestría en Dirección y Gestión de Proyectos**

**2022**

### **Dedicatoria**

*Hernán Josué Hernández Lamprea:* dedico este trabajo de grado a mi amada esposa, quien me dio todo su apoyo y amor incondicional en las noches largas y los fines de semana de arduo trabajo para completar esta nueva etapa de la vida de estudios de maestría. A mi bella madre, quien siempre ha sido el motor para continuar adelante en todos los retos que aparecen en mi vida. A mi difunto padre, quien junto a Dios siempre han cuidado de mí en cada paso que decido enfrentar en la vida.

*Pedro Pablo Diaz Jaimes:* dedico este trabajo de grado a mi familia, principalmente a mi querida esposa por su paciencia, apoyo y amor incondicional en el tiempo de trabajo invertido para lograr una meta más en esta etapa de formación de la maestría. A mis hijos quienes son el motor y parte de la razón de ser en mi vida. A mis difuntos padres, quienes, desde su lugar de descanso protegen e iluminan cada uno de los pasos de mi existencia sobre este mundo.

### **Agradecimientos**

*Hernán Josué Hernández Lamprea:* agradezco a mis directores de trabajo de grado, a mis compañeros de trabajo y a mis alumnos, por todas sus correcciones y retroalimentaciones que me han podido brindar a lo largo del proceso de elaboración de este documento. Sus diferentes puntos de vista fueron enriquecedores para mejorar de forma continua como profesional y como persona.

*Pedro Pablo Díaz Jaimés:* agradezco a mis directores de trabajo de grado, a mis compañeros de trabajo y a mis alumnos, por todos sus aportes y retroalimentaciones dadas a lo largo de la realización del proyecto. Sus diferentes puntos de vista y argumentos fueron primordiales para el logro de los objetivos del trabajo de grado y aprendizaje profesional.

## Contenido

Introducción .....	11
1. Plan de dirección y gestión de proyecto para la implementación de una estrategia mediada por TIC para la enseñanza remota de prácticas de laboratorio en el área de automatización industrial. ....	14
1.1 Descripción institucional –universidad Santo Tomás .....	14
1.2 Conceptos generales de la dirección y gestión de proyectos .....	16
1.2.1 <i>¿Qué es proyecto?</i> .....	16
1.2.2 <i>Metodologías aplicadas a la gestión de proyectos</i> .....	17
1.3. Estado del arte .....	31
1.3.1 <i>Educación mediada por tecnología</i> .....	31
1.3.2 <i>Dirección proyectos TI o TIC</i> .....	35
2. Análisis de interesados .....	38
3. Análisis del problema .....	52
4. Análisis de objetivos .....	61
5. Identificación de alternativas .....	69
6. Evaluación de alternativas .....	70
6.1 Metodología proceso de jerarquías analíticas .....	71
6.2 Definición de alternativas y criterios de selección.....	72
6.3 Definición del grupo de expertos .....	74
6.4 Ponderación de criterios y priorización de alternativas .....	75
6.4.1 <i>Obtención de la matriz de comparaciones pareadas</i> .....	75
7. Priorización de alternativas.....	76

7.1 Aplicación del AHP al caso de estudio .....	77
7.2 Ponderación entre criterios.....	77
7.3 Ponderación de alternativas.....	78
8. Construcción de la matriz de marco lógico.....	80
9. Recursos humanos, materiales y económicos.....	85
10. Cronograma.....	87
11. Difusión y comunicación .....	88
12. Método mediante el cual se realizará la evaluación de los resultados de la implementación	89
13. Comentarios finales .....	90
Referencias.....	92

### Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Grupos de procesos de la dirección de proyectos</i> .....	20
<b>Figura 2.</b> <i>Correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos</i> .....	21
<b>Figura 3.</b> <i>Matriz de identificación de interesados</i> .....	24
<b>Figura 4.</b> <i>Representación gráfica del árbol de problemas</i> .....	25
<b>Figura 5.</b> <i>Representación gráfica del árbol de objetivos</i> .....	26
<b>Figura 6.</b> <i>Criterios para evaluar alternativas</i> .....	26
<b>Figura 7.</b> <i>Relación de la estructura analítica del proyecto (EAP) respecto a MM</i> .....	28
<b>Figura 8.</b> <i>Cómo diligenciar el resumen narrativo</i> .....	29
<b>Figura 9.</b> <i>Cómo diligenciar los pasos 6, 7, 8 y 9</i> .....	30
<b>Figura 10.</b> <i>Plantilla de matriz de interesados</i> .....	39
<b>Figura 12.</b> <i>Organigrama resumido USTA-Bucaramanga</i> .....	41
<b>Figura 13.</b> <i>Plantilla de matriz de poder vs interés</i> .....	42
<b>Figura 14.</b> <i>Plantilla de matriz de poder vs influencia</i> .....	43
<b>Figura 15.</b> <i>Número de personas que participaron de la encuesta de interés</i> .....	45
<b>Figura 16.</b> <i>Resultado a la pregunta: ¿Conoce de qué trata el proyecto?</i> .....	45
<b>Figura 17.</b> <i>Resultado a la pregunta: ¿Usted creé que el proyecto es importante para la facultad y la universidad?</i> .....	46
<b>Figura 18.</b> <i>Resultado a la pregunta: mencione la razón de su opinión de la respuesta anterior (¿Usted creé que el proyecto es importante para la facultad y la universidad?)</i> .....	47
<b>Figura 19.</b> <i>Resultado a la pregunta: desde su conocimiento, ¿Qué puede aportar al proyecto?</i>	47
<b>Figura 20.</b> <i>Resultado a la pregunta: ¿Cuál considera que es su interés dentro del proyecto?</i> ...	48

<b>Figura 21.</b> <i>Matriz de poder vs interés</i> .....	49
<b>Figura 22.</b> <i>Matriz de poder vs influencia</i> .....	49
<b>Figura 23.</b> <i>Diagramación de árbol de problemas</i> .....	53
<b>Figura 24.</b> <i>Diagramación de árbol de objetivos</i> .....	62
<b>Figura 25.</b> <i>Modelo jerárquico AHP</i> .....	74
<b>Figura 26.</b> <i>Matriz de comparaciones pareadas para estructura de encuestas AHP</i> .....	76
<b>Figura 27.</b> <i>Ponderación global para los criterios según análisis jerárquico AHP</i> .....	78
<b>Figura 28.</b> <i>Priorización de alternativas para el análisis jerárquico AHP</i> .....	80
<b>Figura 29.</b> <i>Matriz de marco lógico para la alternativa A3</i> .....	82
<b>Figura 30.</b> <i>Matriz de marco lógico para la alternativa A1</i> .....	83
<b>Figura 31.</b> <i>Matriz de marco lógico para la alternativa A2</i> .....	84
<b>Figura 32.</b> <i>Listado de recursos humanos necesarios</i> .....	86
<b>Figura 33.</b> <i>Listado de materiales necesarios</i> .....	87
<b>Figura 34.</b> <i>Cronograma de trabajo</i> .....	87

### **Lista de apéndices**

**Apéndice A.** *Encuesta de interés (Plantilla)*

**Apéndice B.** *Encuesta de interés (Resultados Forms)*

**Apéndice C.** *Encuesta de interés (Análisis)*

**Apéndice D.** *Identificación de interesados*

**Apéndice E.** *Árbol de problemas*

**Apéndice F.** *Árbol de objetivos*

**Apéndice G.** *Encuesta a expertos para AHP (Plantilla)*

**Apéndice H.** *Encuesta a expertos para AHP (Resultados Form)*

**Apéndice I.** *Matrices de marco lógico*

**Apéndice J.** *Detalle de la solución*

*Nota:* ver apéndices en archivos externos.

### **Resumen**

El tema de estudio del presente documento se centró en la necesidad de buscar alternativas novedosas de educación mediada por TIC, para la enseñanza remota de prácticas de laboratorio en el área de automatización industrial, específicamente de la facultad de ingeniería mecatrónica de la universidad Santo Tomás seccional Bucaramanga (USTA). La problemática central que se abordó a lo largo del documento tiene que ver con debilidades en el desarrollo práctico de laboratorios específicos de ingeniería bajo modalidades de educación remota, lo cual se hizo más evidente durante la pandemia del Covid19 en los años 2020 y 2021. Es así como el actual proyecto se orientó hacia el desarrollo de un plan de dirección y gestión de proyecto, utilizando para tal fin la metodología de marco lógico, donde se analizaron diferentes alternativas y se seleccionó una de ellas para ser implementada en fases posteriores al alcance del presente documento. Dentro de los resultados más destacados se puede apreciar una recopilación bibliográfica de estrategias TIC, un análisis de interesados detallado, el planteamiento de tres soluciones tentativas (A1. Acceso a conexión remota, A2. Estrategia pedagógica y A3. Acondicionamiento laboratorio), la creación de tres matrices de marco lógico (una para cada alternativa de solución planteada), la priorización de cada alternativa aplicando una técnica de decisión multicriterio denominada AHP con juicio de expertos y la elaboración de un plan a nivel de factibilidad de la opción seleccionada. Todo lo anterior soportado y avalado por el decano de la facultad de ingeniería mecatrónica, quien desempeña la labor de patrocinador (sponsor) y director del proyecto.

*Palabras Clave:* gestión de proyectos, matriz de marco lógico, educación remota, prácticas de laboratorio, automatización industrial, análisis multicriterio

### **Abstract**

The study topic of the present document was focus on the necessity to look for new education alternative mediated by ICT, for the remote teaching of laboratory practices in the industrial automation area, specifically of the mechatronic engineering faculty in the Santo Tomás university of Bucaramanga – Colombia (USTA). The central theme tackled along the document has to do with weaknesses in practical development of engineering specific laboratories under the remote education modality, which became more evident during the Covid19 pandemic in the years 2020 and 2021. This is how the actual project was oriented towards development of a management plan and project management, using for this purpose the logical framework approach (LFA), where different alternatives were analyzed and one of them was selected to be implemented in posteriors phases to the scope of the actual document. Among the most outstanding results we can appreciated a bibliographic compilation of ICT strategies, a detail stakeholders' analysis, the approach of three tentative solutions (A1. Access to a remote connection, a2. Pedagogical strategy and, A3. Laboratory conditioning), the creation of three logical framework matrix (one for each proposed alternative solution), the selection of an alternative solution applying a multicriteria decision technique called AHP with expert judgment and the preparation of a plan at the feasibility level for the selected option. All the above supported and endorsed by the dean of mechatronics engineering faculty, who is the sponsor and director of the project.

*Keywords:* project management, logical framework matrix, remote education, laboratory practices, industrial automation, multi-criteria analysis.

## **Introducción**

Las universidades e instituciones de educación superior en Colombia, así como en el mundo, se enfrentan a cambios y retos para satisfacer a una población estudiantil en aumento y cada vez más exigente, con diferentes condiciones sociopolíticas y económicas, así como requerimientos y necesidades de acuerdo con situaciones del entorno, en las cuales actualmente la enseñanza está inmersa. En estos términos, la educación virtual y el aprendizaje remoto se presentan como solución idónea, flexible, accesible y adaptable, donde los laboratorios virtuales, el uso de internet y la educación a distancia, han tenido un gran desarrollo en los últimos años. (Zaldívar-Colado, 2019; Santana Ching & Hernández Santana, 2011)

Los procesos de enseñanza en ingeniería, así como en otras disciplinas, están migrando hacia la educación remota. Uno de estos cambios son los laboratorios virtuales, que permiten obtener habilidades y competencias de manera efectiva y económica, empleando recursos tecnológicos. Como en el caso de la India con el proyecto virtual labs (VLabs) donde se ofrece estudiantes de ingeniería acceso a laboratorios virtuales, se pueden conectar a través de internet y navegadores, hasta el año 2018 más de 800 experimentos se realizaban en 70 VLabs en diversas disciplinas de ingeniería y habiendo realizado más de quinientos talleres apoyados en el uso e implementación de este tipo de laboratorios virtuales, permitiendo a los estudiantes realizar experimentos cuando lo requieran y de manera remota (M. Kumar, 2018). Los recursos virtuales son interactivos y capaces de simular la realidad, aspectos importantes para la educación, motivando e incentivando el aprendizaje constructivo para que el estudiante interprete y organice la información obtenida de acuerdo con conocimientos, objetivos o necesidades. Además, muchas de estas herramientas ofrecen a los educandos alternativas para que puedan trabajar a distancia

desde sus hogares, propiciando el aprendizaje autónomo y el desarrollo de prácticas de laboratorio a distancia (Baeza, et ál., 2014).

En situaciones de emergencia sanitaria, donde el aislamiento obligatorio es indispensable, como lo vivido desde principios del 2020, motivado a la pandemia del CoVid19; ha surgido la necesidad de elaborar estrategias virtuales innovadoras para desarrollar métodos de aprendizaje apoyados en las TIC y en las ciencias de la computación. Por ende, afloran nuevas alternativas para la educación convencional, en especial para los laboratorios de prácticas presenciales, ofreciendo recursos complementarios orientados a la creación de laboratorios virtuales (Hao C, 2021). Mediante el uso de software y hardware, los estudiantes pueden usar y controlar los recursos físicos de un laboratorio convencional a través de ambientes virtuales, por medio de una intranet o a través del internet, aportando herramientas didácticas a la docencia y al proceso de aprendizaje de la ingeniería (Lorandi Medina, et ál., 2011). La variedad metodológica, flexibilidad, aplicaciones informáticas, presentación de contenidos amigables, posibilidad de nuevos entornos y situaciones problema a la medida, así como la optimización de recursos y costos, se presentan como principales ventajas de los laboratorios virtuales en el proceso de enseñanza (Jiménez, 2014).

Para la universidad Santo Tomás Colombia, USTA, así como para la seccional Bucaramanga y la facultad de ingeniería mecatrónica, la virtualidad y el desarrollo de estrategias mediadas por TIC, son objetivos claves a cumplir para lograr procesos de acreditación y reacreditación nacional e internacional de alta calidad. Con la emergencia CoVid19 durante el año 2020 y 2021, se demostró la necesidad de crear estrategias remotas para el desarrollo de los espacios académicos. En el caso del área de automatización industrial, se lograron impartir los laboratorios a través de softwares libres o no licenciados con estrategias de acompañamiento virtual síncrono, permitiendo completar al menos el 70% de las competencias de aprendizaje

(Comité Curricular - Facultad de ingeniería Mecatrónica, 2020) con herramientas de bajo costo (kits Arduino), cuya tecnología no se asemeja a los bancos de práctica de la USTA, los cuales están diseñados con elementos de uso industrial que los estudiantes emplearán en su vida profesional.

Basado en lo anterior, la facultad de ingeniería mecatrónica busca alternativas innovadoras para el desarrollo de prácticas de laboratorio en modalidad virtual y bimodal, enfocados al uso de tecnologías TIC e industria 4.0. En el caso del presente trabajo acotadas al área de automatización industrial, las cuales busca fortalecer el desarrollo práctico de los procesos de enseñanza-aprendizaje remota, así como el acercamiento a la industria.

El propósito fundamental del actual proyecto es desarrollar un plan de dirección y gestión de proyecto para la futura implementación de una estrategia mediada por TIC para la enseñanza remota de prácticas de laboratorio en el área de automatización industrial. Para tal fin, inicialmente se recopila información bibliográfica de implementación efectiva de TIC en espacios académicos de carácter teórico práctico en ingeniería, para soportar académicamente las soluciones estratégicas planteadas. Luego se establece un mínimo de tres estrategias que solucionen la problemática central, desarrollando un plan de dirección y gestión a nivel de prefactibilidad en cada una de ellas, para posteriormente lograr la selección de la opción que mejor se adapte a las necesidades del proyecto. Seguidamente se desarrolla el plan de dirección y gestión para la estrategia seleccionada, en función de una metodología de proyectos alineada a las convocatorias internas USTA, permitiendo identificar la factibilidad de la implementación de esta. Finalmente se valida el plan de dirección y gestión de proyecto implementado a nivel de factibilidad, por medio del juicio de dos pares de la organización, con el fin de aumentar la probabilidad de éxito de su futura ejecución.

## **1. Plan de dirección y gestión de proyecto para la implementación de una estrategia mediada por TIC para la enseñanza remota de prácticas de laboratorio en el área de automatización industrial.**

### **1.1 Descripción institucional –universidad Santo Tomás**

La universidad Santo Tomás fue fundada el 13 de junio de 1580 y aprobada por la Bula Romanus Pontifex, del Papa Gregorio XIII, y confirmada por el Pase Regio Execuator, de Felipe II, el 1 de enero de 1594. Luego de ello, desarrolló actividades durante casi tres siglos como fecundadora de la cultura de los neogranadinos, hasta el 5 de noviembre de 1861, cuando fue clausurada.

La seccional Bucaramanga inicia labores administrativas y docentes en las instalaciones del colegio Cristo Rey, ente fundado y orientado por la comunidad dominicana desde 1950, el cual desaparece entonces. Las labores académicas se inician el siete de marzo de 1973 con las siguientes facultades: derecho y ciencias políticas; economía y administración de empresas; y contaduría pública. En 1975 se crea e inicia labores la facultad de arquitectura.

En 1990 la universidad Santo Tomás decide ingresar al sistema nacional de acreditación con el compromiso de obtener la acreditación de alta calidad de todos los programas y así mismo, la acreditación institucional de la sede principal y de las seccionales. Para ello ha definido en el *plan de desarrollo*, los programas y proyectos que permitan desarrollar los procesos de autoevaluación del mejoramiento continuo de la calidad del quehacer educativo y de su proyección e interacción con la comunidad. (Universidad Santo Tomás, 2016)

La misión de la universidad Santo Tomás, inspirada en el pensamiento humanista cristiano de Santo Tomás de Aquino, consiste en promover la formación integral de las personas, en el campo de la educación superior, mediante acciones y procesos de enseñanza-aprendizaje,

investigación y proyección social, para que respondan de manera ética, creativa y crítica a las exigencias de la vida humana, y para que estén en condiciones de aportar soluciones a las problemáticas y a las necesidades de la sociedad y del país.

Como visión para el 2027 la universidad Santo Tomás de Colombia busca ser referente internacional de excelente calidad educativa multicampus, por la articulación eficaz y sistémica de sus funciones sustantivas, su dinamizadora promoción humana y la transformación social responsable, en un ambiente sustentable, de justicia y paz, en procura del bien común.

Con respecto al gobierno de la universidad Santo Tomás, este está constituido por: El consejo de fundadores, el consejo superior, el rector general, los rectores seccionales, el consejo académico general, el consejo administrativo-financiero general.

El consejo de fundadores es la máxima autoridad jurisdiccional de dirección y control de la universidad y representa a la provincia de San Luis Bertrán de Colombia, de la orden de predicadores.

Por su parte, en la seccional Bucaramanga existen cuatro (4) divisiones del saber:

*División de ingenierías y arquitectura*, integrada por la facultad de Arquitectura, Ingeniería de Telecomunicaciones, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Industrial, Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental y Química Ambiental.

*División de ciencias humanas*, integrada por la facultad de derecho.

*División de ciencias económicas, administrativas y contables*, integrada por las facultades de administración de empresas agropecuarias, comercio exterior, economía y contaduría pública.  
<http://facultadingenieriamecatronica.ustabuca.edu.co/>

*División de ciencias de la salud*, integrada por las facultades de: odontología, optometría, tecnología en laboratorio dental; y cultura física deportes y recreación.

Finalmente, cabe mencionar que, la Universidad Santo Tomás es una institución de educación superior católica de carácter privado en Colombia, sin ánimo de lucro y de orden nacional. Hace presencia en cinco ciudades del país con sedes y seccionales en Bogotá, Bucaramanga, Medellín, Tunja y Villavicencio en la modalidad presencial y 23 Centros de Atención Universitaria (CAU) en la modalidad abierta y a distancia.

## **1.2 Conceptos generales de la dirección y gestión de proyectos**

### ***1.2.1 ¿Qué es proyecto?***

Según la guía de gestión de proyectos o the Project Management Body Of Knowledge (PMBOK) sexta edición, desarrollada por el PMI (Project Management Institute). *“Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”*. (p.25).

En la norma ISO 10006 (International Organization for Standardization) de directrices para la gestión de la calidad en los proyectos, define un proyecto como un proceso único, con fecha de inicio y fin, conformada por actividades controladas y coordinadas, las cuales pretenden alcanzar un objetivo (acotado a requerimientos específicos), teniendo en cuenta restricciones de tiempo, costo y recursos. (p.30)

En la norma DIN 69901 (Deutsches Institut für Normung o traducido del alemán como Instituto Alemán de Normalización), se define al proyecto como el cumplimiento de una serie de actividades con condiciones únicas (Ejemplo: meta, marco de tiempo, presupuesto), delimitadas por tareas en una organización específica para el logro de los objetivos. (p.10)

Meredith, et ál. (2006), definen al proyecto como *“Una tarea específica, finita a ser completada”*, con un propósito a cumplir y una planificación de actividades definidas en tiempo

establecidos, con resultados específicos claramente definidos que requieren una coordinación de subtareas; y con un ciclo de vida (aspectos orgánicos) que trabaja interdependientemente con otros proyectos y portafolios. (p.11).

Por su parte, la ONU define a los proyectos como un conjunto de datos y juicios previos, que permiten juzgar la viabilidad de asignar recursos a una unidad de negocio para ser transformados en un bien o servicio útil para la sociedad. Esta definición está fuertemente ligada a la formulación de los proyectos, donde se decide formalmente si es conveniente o no invertir los recursos y el esfuerzo necesarios para lograr llevar a cabo un proyecto de cualquier índole. (p.82)

Finalmente, el autor Alfonso Bucero (Bucero, 2012), menciona que los proyectos están fuertemente relacionados con la planificación estratégica de una empresa, siendo el resultado de aquellas acciones que no pueden ser tratadas desde la operación de la organización, pero que son necesarias para lograr los resultados de esta. Es así como los proyectos nacen desde las siguientes premisas: Una demanda de mercado, una necesidad organizativa, una petición de un cliente, un avance tecnológico o un requisito legal. (p.20).

De forma complementaria, la definición de qué es un proyecto, se ve enriquecida por la práctica y el sentido común del equipo de gestión, aterrizando conceptos a la realidad de las fases de formulación, planificación, ejecución, control y cierre que se llevan a cabo. Es así como los marcos de referencia son una guía o un horizonte que seguir, pero el camino debe ser recorrido con un pensamiento estratégico claro que solo lo da la experiencia.

### ***1.2.2 Metodologías aplicadas a la gestión de proyectos***

Existe una gran variedad de diferentes metodologías alrededor del mundo, pero para el caso del proyecto en estudio el desarrollo se orienta específicamente al estándar PMI y la Matriz de

Marco Lógico (MML). El primero es adecuado para la planificación detallada de un proyecto, así como el monitoreo y control durante la fase de ejecución; mientras que el segundo es idóneo para la fase de formulación, permitiendo determinar la prefactibilidad y factibilidad de una o varias alternativas a desarrollar.

**1.2.2.1 Estándar PMI.** Para la dirección y gestión de proyectos, el estándar de buenas prácticas PMI se centra en una serie de procesos que son cruciales para su implementación. Según la guía del PMBOK 6ta edición: *“La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos. Esta aplicación de conocimientos requiere de la gestión eficaz de los procesos de dirección de proyectos”* (Project Management Institute, Inc., 2017, p.57).

Los procesos relacionados con la dirección y gestión de proyectos se aplican desde lo general a lo particular y están dirigidos a todo tipo de industrias. Los directores de proyecto, así como sus equipos de trabajo, tienen la responsabilidad de afrontar de manera cuidadosa cada uno de los procesos, teniendo en cuenta las entradas, herramientas, técnicas, recursos y salidas, para identificar sus relaciones y aplicaciones con el proyecto que se está desarrollando.

Zabala Vargas, S. A. (2018), en referencia con la guía del PMBOK menciona que uno de los conceptos fundamentales del estándar PMI está directamente relacionado con los procesos de gestión a ejecutar en el proyecto. Cada uno de los procesos involucrados en el desarrollo del proyecto se agrupan en cinco categorías, que son: inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre, resumidos en la *Figura 1.* (p.5)

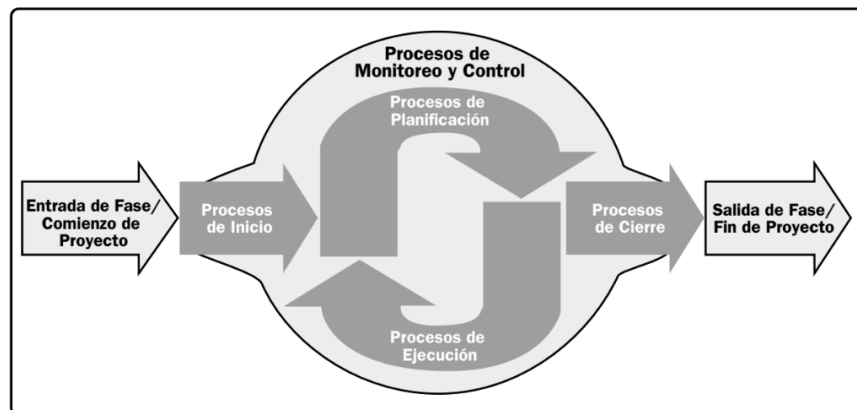
- *Grupo de procesos de inicio.* Se consideran aquellos procesos requeridos para la definición de un proyecto nuevo, o una nueva fase de uno ya existente. Se agrupan procesos que

guardan relación con las autorizaciones para el inicio del proyecto o nueva fase. Dentro de los entregables más importantes en este grupo, se tienen: el acta de constitución del proyecto (o project charter), la identificación de los interesados del proyecto (o Stakeholders) y la definición del director del proyecto (o Patrocinador), así como también la conformación del equipo de trabajo.

- *Grupo de procesos de planificación.* En este grupo se incluyen los procesos necesarios para definir el alcance del proyecto, los objetivos propuestos y las acciones a tomar para el cumplimiento de estos. uno de los entregables más importantes en el presente grupo es el plan de dirección del proyecto, el cual define el horizonte a seguir y orienta la ejecución del proyecto formulado.
- *Grupo de procesos de ejecución.* Se establecen aquellos procesos requeridos para la implementación y cumplimiento de las actividades definidas en el plan de dirección del proyecto; encaminados a satisfacer los requerimientos y especificaciones establecidas para alcanzar cada una de las metas proyectadas.
- *Grupo de procesos de monitoreo y control.* Se consideran aquellos procesos en cuales es necesario indagar, verificar y normalizar el progreso y el desempeño del proyecto, para determinar las áreas en las que el plan de dirección necesita cambios o toma de acciones correctivas al respecto. Dentro de las actividades más importantes en este grupo se tienen: el control de cambios, las acciones preventivas o correctivas y el monitoreo de las actividades del proyecto en relación con lo establecido en el plan. Por último, vale aclarar que los procesos desarrollados en este grupo se desarrollan al mismo tiempo que el resto de los procesos, de tal manera que se considera como una fase transversal al ciclo de vida de un proyecto.

- *Grupo de procesos de cierre.* Se implementan aquellos procesos requeridos para la finalización de todas las actividades, con el propósito de dar un cierre formal al proyecto, o bien, una fase de este.

**Figura 1.** Grupos de procesos de la dirección de proyectos



En relación con el papel e importancia de las áreas de conocimiento, los 49 procesos de la dirección de proyectos, identificados en la guía del PMBOK versión 6, se agrupan en diez áreas de conocimiento claramente diferenciadas. Al mismo tiempo, se puede definir un área de conocimiento como la representación de un grupo completo de conceptos, términos y actividades, para constituir un entorno profesional, un medio de la dirección de proyectos o un área especializada. En algunos casos, la alta dirección y los equipos de trabajo implementan estas diez áreas de conocimiento a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, según especificaciones, complejidad y tipo de reto al que se enfrenten.

Las áreas de conocimiento son: gestión de la integración del proyecto, gestión del alcance, gestión del cronograma, gestión de los costos, gestión de la calidad, gestión de los recursos, gestión de las comunicaciones, gestión de los riesgos, gestión de las adquisiciones y gestión de los interesados. En la

Figura 2 se presenta la relación entre los 49 procesos de la dirección de proyectos y su correspondencia con los 5 grupos de procesos y las 10 áreas de conocimiento.

El estándar PMI promueve la adaptación, lo cual significa que no todos los procesos definidos en la guía PMBOK son necesarios en cada uno de los proyectos desarrollados por una organización. Los equipos de dirección y los gerentes de proyecto deben tener en cuenta los factores ambientales y la cultura organizacional, antes de decidir cuales áreas de conocimiento serán analizadas y qué procesos de gestión serán llevados a cabo. (PMBOK, 2017, p.17)

Figura 2. Correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto 4.4 Gestionar el Conocimiento del Proyecto	4.5 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.6 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.7 Cerrar el Proyecto o Fase
5. Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDI/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
6. Gestión del Cronograma del Proyecto		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar la Duración de las Actividades 6.5 Desarrollar el Cronograma		6.6 Controlar el Cronograma	
7. Gestión de los Costos del Proyecto		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Gestionar la Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
9. Gestión de los Recursos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de Recursos 9.2 Estimar los Recursos de las Actividades	9.3 Adquirir Recursos 9.4 Desarrollar el Equipo 9.5 Dirigir al Equipo	9.6 Controlar los Recursos	
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Monitorear las Comunicaciones	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos	11.6 Implementar la Respuesta a los Riesgos	11.7 Monitorear los Riesgos	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	
13. Gestión de los Interesados del Proyecto	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar el Involucramiento de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Monitorear el Involucramiento de los Interesados	

**1.2.2.2 Metodología del marco lógico (MML).** Se define la metodología de marco lógico como: “una herramienta para facilitar el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos” (Ortegón, et ál., 2015, p.13). MML tiene un enfoque basado en objetivos y orientado a una comunicación activa con los interesados. Está metodología se puede implementar en todas las etapas del proyecto, desde su concepción como idea, atravesando las fases de formulación (donde es más común encontrarla) y planificación; hasta culminar con la implementación, monitoreo y control.

Es importante resaltar la diferencia entre la metodología de marco lógico y la matriz de marco lógico. La metodología considera el análisis del problema, el análisis de involucrados, dependencia de los objetivos y la elección de la estrategia de implementación más adecuada. Como resultado de esta metodología analítica, se obtiene una matriz (el marco lógico), donde se condensa lo que se va a hacer en el proyecto, qué se ejecutará y cómo se realizará. Adicionalmente, se definen los supuestos claves y cómo los insumos y productos del proyecto se monitorean y evalúan.

MML ofrece herramientas para *ayudar a pensar*, no condiciona el pensamiento creativo, convirtiéndose en un instrumento para analizar y determinar minuciosas diferencias entre los aspectos del proyecto, además de ser una guía aplicada para su formulación, diseño, ejecución y evaluación de estos.

Según Hernández H. y Diaz P. P. (2020), la metodología MML sigue siete (7) pasos en su versión simplificada y quince (15) pasos en su versión amplia, pero varios autores sugieren realizarla en diez (10) etapas, los cuales se consideran en el presente proyecto y son: Análisis de involucrados (o interesados), árbol de problemas (Análisis causa – efecto), árbol de objetivos / árbol de soluciones (análisis medio – fin), análisis de alternativas, estructura analítica del proyecto

(EAP), resumen narrativo (Lógica vertical), indicadores, medios de verificación, supuestos, monitoreo y evaluación del proyecto (p.2)

1. *Análisis de involucrados.* El objetivo central de esta actividad es conocer los intereses y expectativas de los interesados, garantizando el beneficio de quienes apoyan y mitigando los efectos negativos producido por quienes van en contra, a la vez que se busca conseguir el apoyo de aquellos que son indiferentes a los cambios. Por otra parte, se pueden definir estrategias de intervención para cada uno de los involucrados, garantizando una adecuada gestión de los requisitos y un análisis a las motivaciones particulares de cada individuo a lo largo de todo el proyecto. El análisis de involucrados implica, entre otros aspectos, los siguientes puntos:

- Identificar los interesados que se beneficiaran directa o indirectamente del proyecto.
- Indagar sobre el rol de cada uno de los actores, conociendo su interés, el poder de decisión que tenga sobre el proyecto, la participación que realizará en los diferentes procesos y su influencia sobre el actuar de otras personas.
- Determinar su posición (a favor o en contra), para diseñar estrategias encaminadas a garantizar el involucramiento positivo durante la ejecución.
- Cuando existen conflictos entre las partes, se deben diseñar estrategias para resolver dichas problemáticas por medio de espacios de dialogo y mediación.

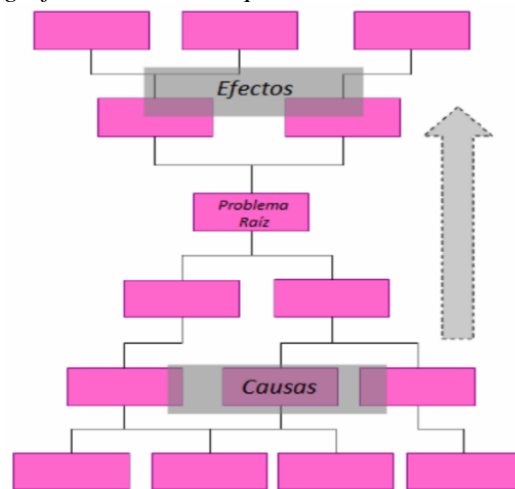
En la *Figura 3*, se presenta un ejemplo de una matriz de interesados desarrollada con MML.

**Figura 3.** *Matriz de identificación de interesados*

Involucrados	Intereses	Necesidades	Expectativas
Involucrado#1			
Involucrado#2			
...			
Involucrado#n			

Nota: el sombreado azul hace referencia al título de cada columna y el sombreado amarillo permite resaltar a cada interesado dentro de la tabla.

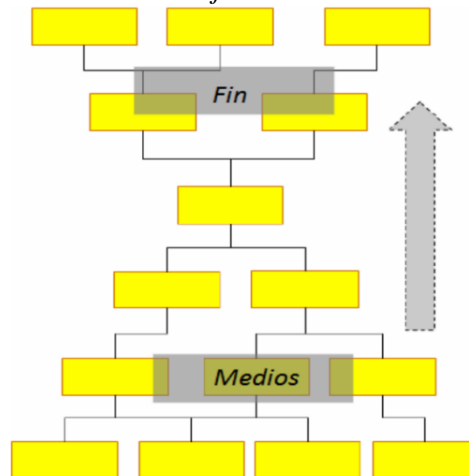
2. *Árbol de problemas (Causa – Efecto)*. Para formular un proyecto se necesita identificar el problema central que se desea resolver, así como las causas y los efectos asociados a este (ver *Figura 4*). Dentro de los aspectos a considerar para definir el árbol de problemas se tiene lo siguientes puntos:
  - Establecer el problema central, mediante criterios de preferencia y selección.
  - Identificar las causas del problema central, estableciendo cuales son los elementos que podrían estar generando la problemática.
  - Definir los efectos que se manifiestan como consecuencia de la problemática
  - Jerarquizar y relacionar las interdependencias que existen entre las causas, la problemática central y los efectos, construyendo para tal fin un diagrama conocido con el nombre de *Árbol de problemas*, donde se presenta el encadenamiento entre causa-efecto del proyecto a enfrentar.
  - Validar el árbol de problemas, todas las veces que sea necesario, para garantizar que la relación causa-efecto esté acorde a la problemática central.

**Figura 4.** Representación gráfica del árbol de problemas

3. *Árbol de objetivos / árbol de soluciones (Medio – Fin)*. Con el análisis de los objetivos se logra describir la condición futuro necesarias para dar solución a la dificultad analizada, convirtiendo para tal fin los estados negativos del árbol de problemas en soluciones viables, estas últimas expresadas en forma de estados positivos (ver *Figura 5*). Para elaborar el árbol de objetivos se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

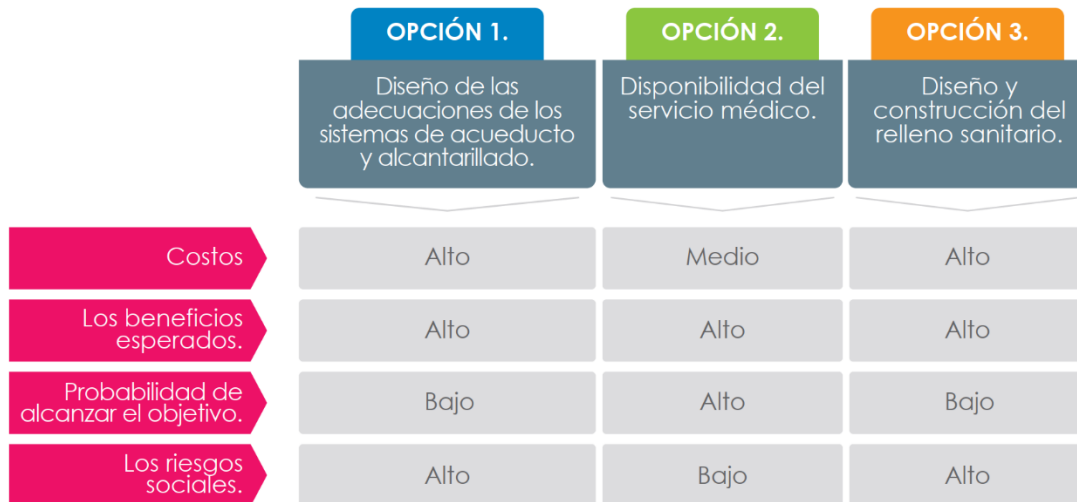
- Se debe pensar de pasar de un estado negativo actual (árbol de problemas) a un estado positivo deseado.
- Los efectos del árbol de problemas se traducen en fines del árbol de objetivos.
- Las causas del árbol de problemas se traducen en medios del árbol de objetivos.

**Figura 5.** Representación gráfica del árbol de objetivos



4. *Análisis de alternativas.* Con este análisis se responde a la pregunta: ¿cómo se va a lograr cambiar la situación problema? Para lo cual se identifican alternativas para solucionar la problemática identificada. Normalmente cada alternativa se asocia a un medio del árbol de objetivos y se puede utilizar cualquier criterio para realizar el análisis; criterio de costo-beneficio, criterio de impacto social, matriz de valoración cualitativa – cuantitativa, entre otros. En la *Figura 6* se ilustra un ejemplo.

**Figura 6.** Criterios para evaluar alternativas

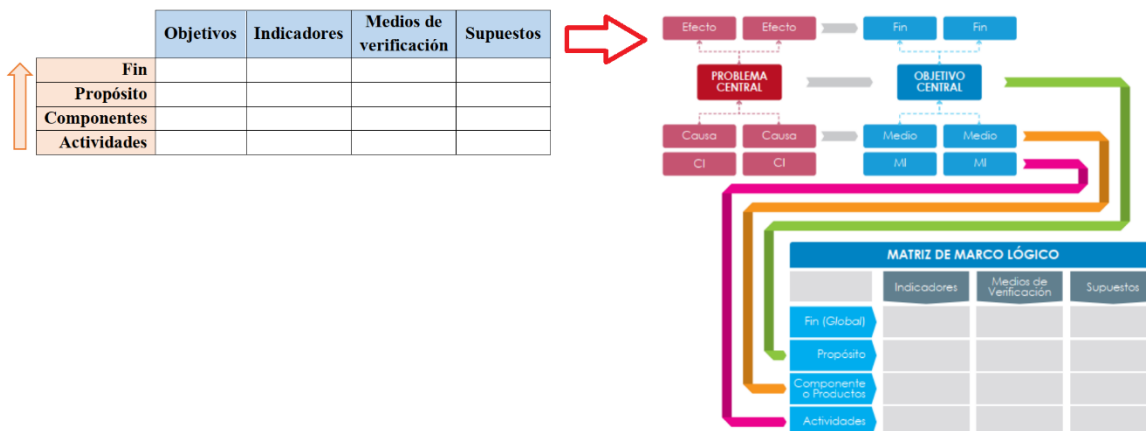


5. *Estructura analítica del proyecto (EAP)*. Una vez seleccionada una alternativa y previo a la construcción de la matriz de marco lógico, se recomienda establecer la EAP (Estructura Analítica del Proyecto) para definir los niveles jerárquicos, como el fin, el objetivo central del proyecto (propósito), los componentes (productos) y las actividades (tareas). Una vez definido lo anterior, se podrá construir la mencionada matriz.

- La matriz de marco lógico presenta una lógica vertical llamada resumen narrativo, donde se evidencia una estructura lógica ascendente entre cada una de las partes. Se definen entonces: actividades (tareas) que cumplen con componentes (resultados), componentes entregados (resultados) que estructuran un propósito (objetivo del proyecto) y objetivos (o propósitos) que se relacionan con un fin (impacto).

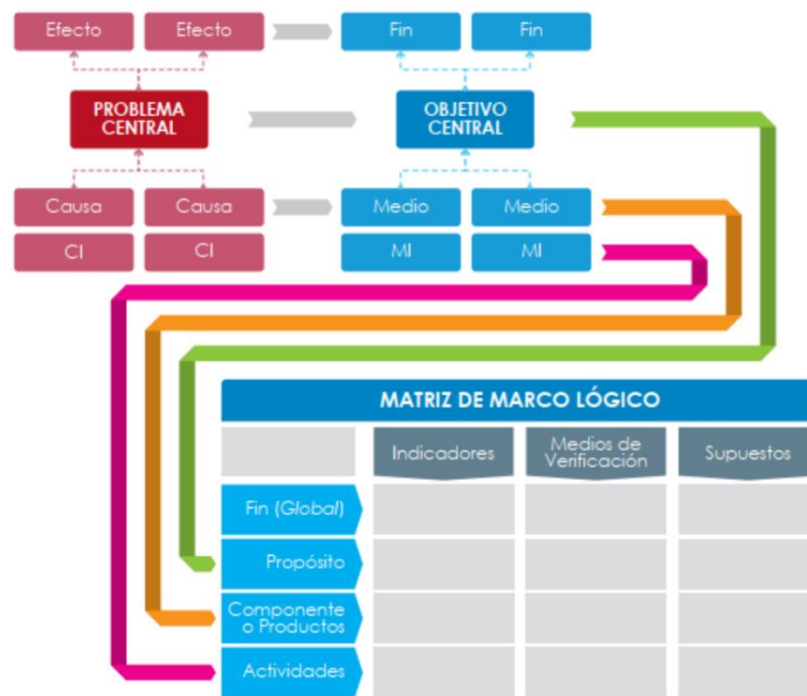
MML también presenta una lógica horizontal, donde se evidencia una estructura lógica lateral entre cada una de las partes (fin, propósito, componentes y actividades), estableciendo objetivos para cada nivel y un criterio de aceptación individual; en otras palabras, la forma como se va a medir la satisfacción de los entregables. Para poder garantizar el cumplimiento de los objetivos se debe establecer métricas y medios de verificación claros para el proyecto; visto de otra forma, se deben definir procesos de gestión de calidad. En la Figura 7)

**Figura 7.** Relación de la estructura analítica del proyecto (EAP) respecto a MM



6. *Resumen narrativo (lógica vertical).* Tal como se menciona en el paso anterior (paso 5), el resumen narrativo consiste en una lógica ascendente entre las actividades desarrolladas, los componentes (o productos) generados, el propósito del proyecto y su respectivo fin. La forma de crear la lógica vertical consiste en diligenciar la primera (1ra) columna de la matriz de marco lógico, asociada con los objetivos específicos del proyecto.
  - Todos los elementos presentes en el resumen narrativo son rescatados el árbol de objetivos. El fin se relaciona con el impacto a mediano plazo que se espera contribuir a través de la ejecución del proyecto. El propósito se vincula con el objetivo central identificado. Por último, los componentes y las actividades salen de los resultados que se obtienen de tener tareas terminadas, creadas a partir de los medios identificados en el árbol. En la *Figura 8* se presenta un esquema gráfico explicativo que facilita la comprensión sobre cómo se crea el resumen narrativo y la relación que este tiene con el árbol de objetivos.

**Figura 8.** *Cómo diligenciar el resumen narrativo*

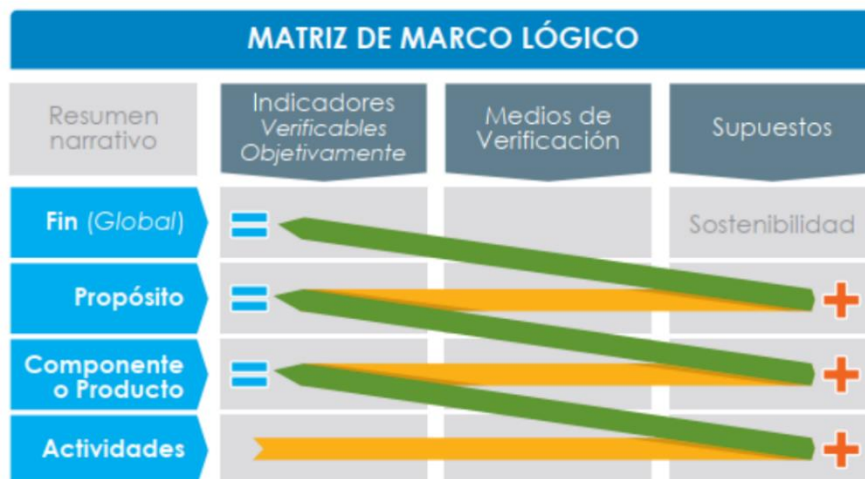


7. *Indicadores.* Ofrecen información pertinente que determina el progreso del cumplimiento de los objetivos propuestos en el proyecto. Su elaboración se realiza a partir del diligenciamiento de la segunda (2da) columna de la matriz de marco lógico, donde para cada elemento del resumen narrativo existirán indicadores claves asociados, los cuales deben ser específicos, medibles y observables.
8. *Medios de Verificación.* Especificados en la tercera (3ra) columna de la matriz de marco lógico. Los medios de verificación responden a la pregunta: ¿dónde y cómo vamos a obtener los datos para verificar la información?, cumpliendo los criterios de calidad asociados con los entregables. Es importante definir los siguientes aspectos: Fuentes de información, métodos de recuperación, frecuencia de la toma de datos, responsables y método de análisis.
9. *Supuestos.* Descritos en la cuarta (4ta) y última columna de la matriz de marco lógico. Un supuesto es todo lo que consideramos cierto pero que no podemos controlar y que, si en

algún momento no se cumple, afecta el proyecto. De esta forma los supuestos se relacionan directamente con los riesgos de un proyecto. La

10. *Figura 9* presenta un resumen de los pasos 6, 7, 8 y 9, descritos con anterioridad, en la cual adicionalmente se explica la relación que existen entre cada uno de los componentes de la matriz de marco lógico. En ella se puede observar que las partes superiores del resumen narrativo (ejemplo el propósito) se cumplen cuando, todos los elementos horizontales (Objetivos, indicadores, medios y supuestos) del nivel jerárquico anterior (para este ejemplo la fila de los componentes) se han completado con éxito. De esta forma se garantiza la integralidad de todos los esfuerzos del proyecto hacia un mismo fin.

**Figura 9.** *Cómo diligenciar los pasos 6, 7, 8 y 9*



11. *Monitoreo y evaluación del proyecto.* El último paso es desarrollado durante la ejecución del proyecto, donde se busca medir y comparar la realidad del desarrollo vs lo planificado inicialmente durante la fase de formulación, observando entre otros aspectos la eficiencia (hacer más con menos recursos, optimizando el uso de los elementos con los que se cuenta)

y la eficacia (se alcanzan los objetivos esperados con los entregables definidos) de las actividades realizadas.

### **1.3. Estado del arte**

#### ***1.3.1 Educación mediada por tecnología***

En la industria existen referentes internacionales en el área de automatización para la academia y la industria, que han venido desarrollando herramientas tecnológicas y estrategias TIC para potenciar enseñanzas virtuales y remota con los estudiantes y docentes de instituciones de educación superior. Un ejemplo es Festo, quienes a través de los juegos mecatrónicos digitales o digital festo mechatronics games, mencionan que *“La transformación de los procesos de formación exige cada vez más la creación de alternativas de enseñanza y aprendizaje en el ciberespacio”* (FESTO, 2020, p.1). Apuesta tecnológica ofertada en forma de concurso que crea un concepto innovador para la enseñanza de forma online en el uso de herramientas tecnológicas tan específicas como son softwares de diseño, medición, programación y análisis industrial.

De igual forma, la compañía italiana Schenider durante los últimos años ha venido capacitando a los profesionales, docentes y estudiantes de diferentes países, en el uso de herramientas para la industria 4.0, donde resaltan los procesos de enseñanza remota, así como el uso de realidad virtual, para mejorar la experiencia del usuario y el aprendizaje de los estudiantes. (Schneider Electric, 2019).

Por su parte, compañías como Siemens, CENIT’s digital factory solutions y real games han apostado por entornos 3D de simulación mecatrónica, integrando diferentes áreas del conocimiento de la ingeniería en una sola suite, con escenarios altamente pulidos en su aspecto visual, lo cual facilita la comprensión de los conceptos por parte de los estudiantes en escenarios

con tintes de gamificación. *“La gamification (en lengua española ‘gamificación’ o ‘ludificación’) sugiere en este sentido, el poder utilizar elementos del juego, y el diseño de juegos, para mejorar el compromiso y la motivación de los participantes... elementos de diseño de juegos en contextos que no son de juego”* (Contreras & Eguía, 2016, p.5).

En la orientación del conocimiento de la ciencia, la tecnología y la ingeniería, tecnológicamente se venía avanzando moderadamente, aunque por las circunstancias actuales la comunicación y estrategias de enseñanza remota son una necesidad primordial en avanzado desarrollo (Hao C, 2021; Wenshan H., 2017; Yuxin L., 2018). Según (V. Potkonjak, 2016), en la implementación de nuevas tecnologías TIC para la enseñanza en línea se requieren prácticas de laboratorio virtuales o con conexión remota, con el propósito de alcanzar competencias relacionadas con las experiencias prácticas, resaltando el hecho de la dificultad de lograr que los laboratorios tengan acceso remoto apoyados en algún software y con conexión en línea a través de internet. Con la evolución de los laboratorios remotos, surgen nuevas tecnologías emergentes como: gráficos por computadora, realidad aumentada, dinámica computacional y mundos virtuales, entre otros. (p.30)

En cuanto a la importancia del uso de los laboratorios virtuales, Jiménez, C. I. (2014), ofrece una propuesta pedagógica en espacios académicos teórico-prácticos a través de la simulación de un entorno blended learning (b-learning); donde se combina actividades remotas con presenciales; y menciona que a pesar de ser un gran recurso no es muy conocido (p.25). Adicionalmente, otro aspecto que resalta es el aporte del docente, importante para la selección e implementación de este tipo de laboratorios, quienes identifican los objetivos de la práctica que mejor se adapten a las condiciones requeridas para el aula. Es así como el autor anteriormente nombrado sugiere que una buena práctica es la implementación de un laboratorio virtual junto con

el establecimiento de un sistema de organización y estandarización de ambientes personalizados de aprendizajes (acotado a casos específicos).

Contreras-Mendieta et ál. (2019), desarrollan un sistema de laboratorio remoto, cuya metodología consiste en el análisis, diseño, implementación y pruebas del proceso de ejecución. Para la implementación del laboratorio remoto vinculan la parte técnica con la parte pedagógica, con el propósito de estructurar los sistemas para facilitar la fase de experimentación del estudiante, asegurando de esta manera el logro de objetivos y metas de aprendizaje. La comunicación se realiza vía web, con ancho de banda definido de acuerdo con el servicio de internet, logrando el control de los equipos de laboratorio convencionales con conexiones remotas (Grisolio, Zanetti, Bellotti y Castiñeiras, 2018). Adicionalmente, se destaca la importancia del impacto económico con la implementación de laboratorios remotos, el cual se puede minimizar o controlar apoyándose en la simulación de los sistemas, permitiendo modificaciones o actualizaciones fáciles y a menor costo.

Ushakov et ál. (2017), definen una metodología para implementar laboratorios de redes en la nube de forma virtual, empleado para estudiar tecnologías de red y sistemas operativos en instituciones de educación superior. Por medio de un centro de datos a escala experimental, se logró demostrar la efectividad del uso de sistemas virtuales en la nube para la enseñanza, apoyados en tecnologías de la información (TI). (p.24)

Di Giamberardino y Temperini (2017), en su trabajo de investigación “*Adaptive access to robotic learning experiences in a remote laboratory setting*”, presentan de manera detallada y descriptiva la arquitectura, así como aspectos de software y hardware de un laboratorio a escala que funciona remotamente y el cual opera mediante un sistema adaptativo apoyado en web (bajo

el nombre de Mindlab2). El laboratorio remoto se adapta a experiencias prácticas de e-learning con robótica y automatización realizadas a través de internet. (p.11)

Pérez Pinal et ál. (2016), presenta el desarrollo de un laboratorio b-learning (Blended Learning) para prácticas experimentales de forma remota, en el curso de máquinas eléctricas en pregrado universitario. El desarrollo consta de un tablero de señales de acondicionamiento personalizado, que se puede operar remotamente y de manera virtual, el cual trabaja con un sistema de adquisición de datos, empleado para interactuar con LabVIEW. adicionalmente, cuentan con una interfaz gráfica para interacción remota en tiempo real con los diferentes usuarios a través de internet.

Ruano et ál. (2016), se enfocan en la presentación de una metodología orientada al desarrollo y aplicación de laboratorios convencionales en interacción con ambientes virtuales de aprendizaje, para integrar y complementar la enseñanza remota a la educación presencial. Adicionalmente tienen en cuenta la sinergia entre los aspectos pedagógicos y tecnológicos, considerando la aplicación de prácticas de laboratorio y los recursos TIC en relación con los ambientes virtuales. Presentan una metodología flexible, estableciendo situaciones que cubren diversos casos de estudio y la estructuran en niveles que se pueden adaptar a cualquier arquitectura de laboratorio en línea (virtual, remoto o híbrido).

Wuttke, et ál. (2015), mediante enfoque holístico, intentan dar una descripción y orientación para lograr la integración entre los laboratorios remotos y virtuales en el proceso educativo, como estrategia alternativa para los laboratorios convencionales. El propósito fundamental del trabajo fue la integración para evaluar el conocimiento de un universo de estudiantes, de diferentes niveles de educación superior, realizando pruebas de opción múltiple y actividades similares. Como resultado de estas pruebas, los estudiantes ofrecieron información

valiosa para establecer ventajas y desventajas, así como fortalezas y debilidades, acerca del uso de laboratorios virtuales. Además, se concluyó que los métodos de learning analytics están aplicados a una base de datos, donde se almacenan los procedimientos, conceptos y actividades para el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes, apoyados en el desarrollo de prácticas por conexión remota. Los autores realizan un análisis bajo un contexto en situaciones reales, así como el detalle de la implementación del experimento.

A nivel nacional, el ministerio de educación (MinEducación) del gobierno de Colombia, define la educación virtual como aquellos programas de formación, apoyados en las TIC, que tienen como escenario de interacción el ciberespacio, desde donde los estudiantes y docentes desarrollan diversas experiencias de enseñanza-aprendizaje sin la necesidad de conjugar cuerpo, tiempo y espacio. Esta nueva modalidad implica no solo exigencias pedagógicas, sino que también involucran el entorno social, económico y político para hacer llegar la información a lugares distantes, garantizando educación de calidad para todos. (Ministerio de educación, 2017)

### ***1.3.2 Dirección proyectos TI o TIC***

En referencia con los planes de dirección y gestión de proyectos, Gómez Ruedas. J. (2016), en su libro: *Dirección y gestión de proyectos de tecnologías de la información en la empresa* establece estrategias, que desde cualquier entidad o empresa deben afrontarse cuando se implementan planes de dirección y gestión de proyectos relacionados con las TI o TIC, ofreciendo herramientas para planificar y gestionar las acciones y adaptaciones que institucionalmente deben irse implementando en esta modalidad de uso de la tecnología (p.23). El autor destaca la importancia del impacto al desarrollar proyectos de TI o TIC y la manera cómo influye en el desempeño de la empresa. Además, orienta el conocimiento de conceptos fundamentales, procesos

afectados, metodologías requeridas, técnicas y herramientas necesarias para esta área de estudio en particular.

Cabe destacar que existen algunas diferencias entre la educación para el aprendizaje con conexión remota y la educación virtual (online, e-learning o en línea); Calderón G. A y Marín V. J (2011), en su trabajo: *Modelo de gestión integral de TIC en procesos de producción de educación virtual*, parten de la necesidad de identificar las tecnologías que se emplean actualmente y que son herramientas instrumentales para la educación virtual, destacando la importancia de estas como medio de interacción con los estudiantes. Plantean la opción de establecer un modelo de tecnologías de la información que permita, a cada sistema de producción de cursos virtuales, garantizar un producto de enseñanza eficiente y de calidad, que cumpla con los requerimientos según lineamientos curriculares. El modelo final obtenido consiste en dos soluciones que definen el modelo de gestión de producción para la educación virtual; uno dirigido al modelo de gobernabilidad de TI (COBIT) y el otro dirigido al plan de gestión de proyectos (PMI), ofreciendo estándares transversales de la tecnología en los diferentes aspectos de la producción pedagógica y en la implementación del modelo de educación virtual para la educación superior.

De forma complementaria, así como el COBIT, existen otros modelos para la medición de la madurez organizacional a nivel de TI, por lo cual acá se verán tres de ellos; uno enfocado a nivel de territorio, uno enfocado a nivel empresarial y otro a nivel de PyME, brindando de esta forma diferentes niveles de aplicación según la necesidad. El primero, *modelo de madurez de ciudades y territorios inteligentes*, creado por el ministerio de las TIC (MinTIC) en su programa de *más TIC mejor país*, establece diferentes dimensiones que agrupan el diseño y la aplicación de iniciativas que persiguen un mismo fin, así como ejes habilitadores que definen capacidades que deben ser desarrolladas en la ciudad o territorio. El segundo, CMMI (capability maturity model integrated o

en español integración de modelo de madurez de capacidades), orientado a la evaluación y mejoramiento de los procesos de una organización, mayormente enfocado en el software, donde se unen 22 áreas y cientos de prácticas para dar un valor agregado de optimización a las empresas. Y el tercero, *El modelo de madurez para la transformación digital*, desarrollado por Inpulsa Colombia y MinTIC a través de la iniciativa de los centros de transformación digital empresarial, define el desarrollo de un diagnóstico y un plan de transformación para que las PyMES fortalezcan habilidades blandas organizacionales (denominadas habilitadores) e implementen soluciones TIC efectivas para el crecimiento del negocio. Cada empresa adopta los modelos y buenas prácticas que más se acomodan a la operación del negocio; y de igual forma, los proyectos específicos utilizan herramientas y técnicas que generen valor en los sistemas de gestión de calidad enfocados a la medición efectiva de TI dentro de la organización, con lo cual se logra conocer a ciencia cierta el impacto de los resultados.

Alfonso Pérez, A. y Ramírez Varón, C. en su trabajo de grado de maestría (Ramírez Varón, 2018), titulado: Propuesta de guía metodológica para la gestión de proyectos en la dirección de desarrollo de industria TI del Ministerio TIC, presentan un diagnóstico resaltando el estado actual de la gerencia de proyectos de la dirección de desarrollo de industria TI, y mencionan la importancia de relacionar los procesos con las áreas de conocimiento del PMBOK. En el trabajo realizado aplican un cuestionario OPM3, especificando para una organización el nivel de madurez de la gerencia de proyectos. Finalmente, diseñan la guía para la solución de la propuesta, comparando los procesos con el uso y apropiación de las tecnologías de información, orientada hacia la gestión de proyectos y desarrollo de procedimientos teniendo en cuenta las respectivas áreas.

En los últimos años se ha venido investigando en las estrategias más implementadas y su aporte para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje, destacando la importancia de integrar las tecnologías de la información y comunicación (TIC) a la educación moderna (Loiaza Galindo, 2019). Moreno-Crespo, W. y Paredes-Salazar, N.T. (2015), resaltan el rol del docente al emplear estas estrategias, abriendo las puertas al uso de nuevas tecnologías y metodologías de aprendizaje, que desarrollan nuevos recursos pedagógicos y didácticos bidireccionalmente con la comunidad académica. El propósito fundamental del trabajo desarrollado fue orientar el conocimiento y poner perspectivas en contexto para la integración con las TIC, orientándose al aporte de estas nuevas tecnologías y su contribución al mejoramiento del desempeño de las instituciones y la calidad de la educación. Por medio de la capacidad de absorción para realizar una adecuada gestión de conocimiento, se proponen líneas estratégicas para la gestión de las TIC en las instituciones educativas; encaminadas a gestionar el conocimiento pertinente, apoyados en las capacidades de difusión y la apropiación de un modelo de gestión del conocimiento que facilite la formulación de estrategias, para alcanzar el aprendizaje institucional según el área de estudio y las competencias a formar.

## **2. Análisis de interesados**

El primer paso para lograr un adecuado plan de dirección de proyectos, basado en la metodología de matriz de marco lógico (MML), corresponde con la identificación de todas las partes interesadas que harán parte o se verán afectadas por el proyecto. Este grupo se conoce comúnmente como involucrados, actores, interesados o en inglés bajo el nombre de Stakeholders.

Para el desarrollo del proyecto actual, se diseña la siguiente matriz de interesados (*Figura 10*) siguiendo las experiencias propias de los autores en el desarrollo de proyectos de ingeniería, las recomendaciones estipuladas por diversos autores en matriz de marco lógico MML (ver

referencias bibliográficas) y las herramientas sugeridas por la metodología PMI en el área de conocimiento de la gestión de los interesados.

**Figura 10.** *Plantilla de matriz de interesados*

Interesado	Sigl.	Requerimientos	Interés	Poder	Influenc
<b>Involucrado#1</b> Cargo <i>Rol: Dentro del proyecto</i>	S1	* Levantamiento de requisitos frente al proyecto	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO
<b>Involucrado#2</b> Cargo <i>Rol: Dentro del proyecto</i>	S2	* Levantamiento de requisitos frente al proyecto	ALTO	ALTO	ALTO
<b>Involucrado#3</b> Cargo <i>Rol: Dentro del proyecto</i>	S3	* Levantamiento de requisitos frente al proyecto	MEDIO	MEDIO	MEDIO
<b>Involucrado#4</b> Cargo <i>Rol: Dentro del proyecto</i>	S4	* Levantamiento de requisitos frente al proyecto	BAJO	BAJO	BAJO
<b>Involucrado#5</b> Cargo <i>Rol: Dentro del proyecto</i>	S5	* Levantamiento de requisitos frente al proyecto	MUY BAJO	MUY BAJO	MUY BAJO

Nota: el sombreado azul oscuro hace referencia al título de cada columna, los sombreados intercalados de azul y blanco permiten visualizar cada línea de la tabla de forma fácil; finalmente, cada sombreado verde oscuro, verde, amarillo, naranja y naranja oscuro, permite identificar las palabras claves muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo, respectivamente, de forma rápida dentro de la tabla.

Como se puede apreciar en la *Figura 10*, la matriz se divide en seis (6) columnas. La primera, define el nombre del interesado, la labor que desempeña dentro o fuera de la institución y el rol que realiza para el proyecto. La segunda, corresponde con la sigla definida para la rápida identificación de los *Stakeholders* a lo largo del documento y los apéndices. La tercera, contiene los requisitos detallados y las métricas de calidad esperadas por cada involucrado. Al final, la cuarta, quinta y sexta columna, definen el nivel de interés, poder e influencia identificados para cada actor; entendiéndose que el interés mide la voluntad de trabajar activamente durante la formulación, planificación y posterior ejecución del proyecto (por fuera del alcance del proyecto), el poder se refiere a la autoridad con la que cuentan para autorizar o detener el avance de los entregables y la influencia es la persuasión que tienen para provocar cambios (En este punto, se

toma en cuenta el juicio experto, los conocimientos que tengan sobre las diferentes áreas de conocimiento abarcadas y el uso que le darán al producto final que se busca).

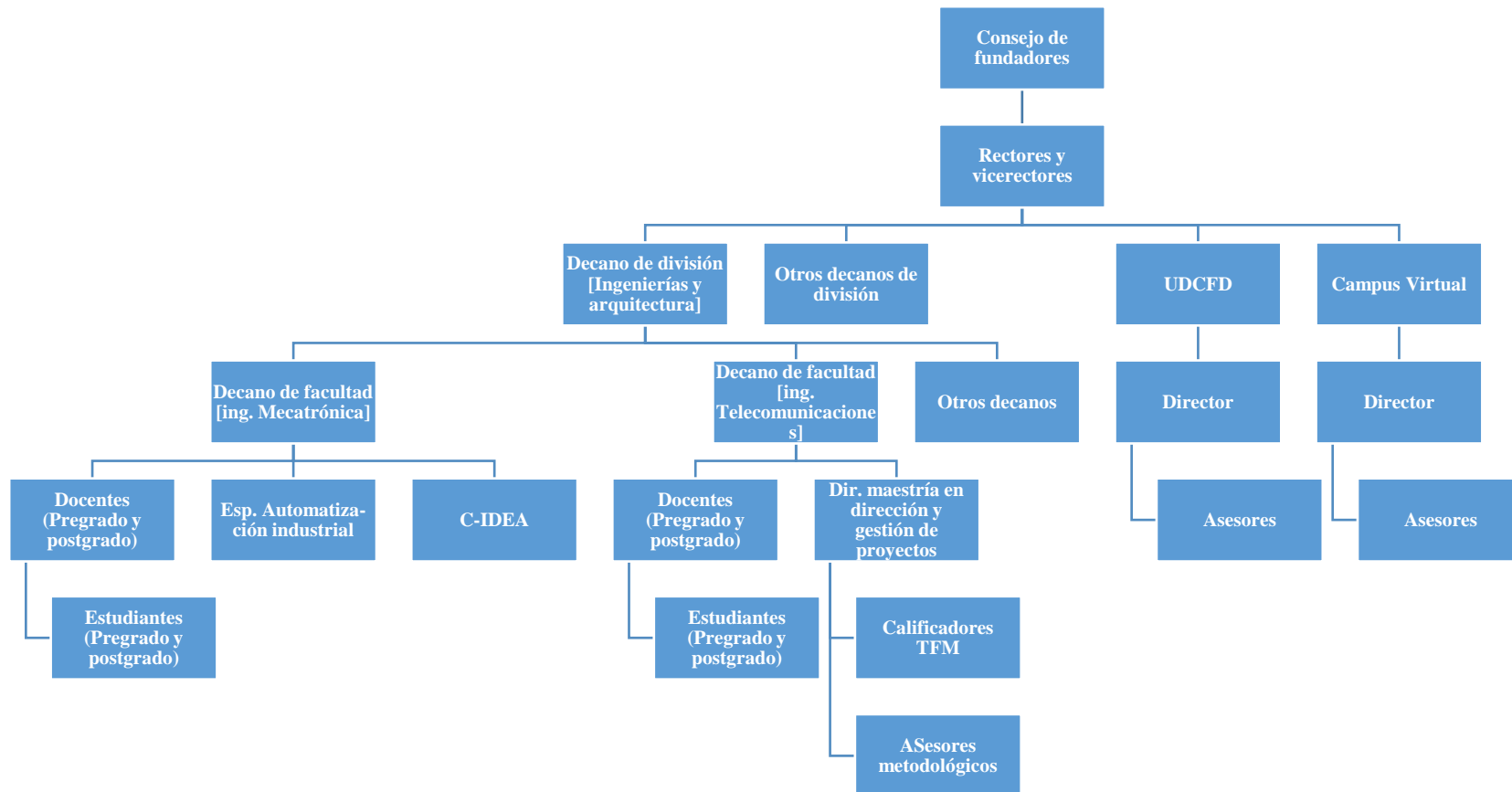
Estas tres (3) últimas columnas se elaboran valiéndose de una valoración cualitativa de cinco niveles: Muy alto (con una cuantificación de 5 unidades), alto (4 unidades), medio (3), bajo (2) y muy Bajo (1). Complementariamente, solo se identifican los actores que apoyan los avances y entregables del desarrollo (en el presente caso de estudio, no se identificaron actores que se opongan a la formulación, planificación y ejecución del proyecto).

El interés de cada involucrado (exceptuando los calificadores) se estima aplicando una encuesta en línea (El *Apéndice A - Encuesta de interés (Plantilla)* muestra el modelo de encuesta aplicada), cuyas preguntas permiten obtener la percepción de cada uno sobre el proyecto; y al mismo tiempo, el aporte profesional que pueden ofrecer durante las diferentes etapas. Ambas mediciones se convierten en el nivel de interés cualitativo de los actores.

Los valores de nivel de interés asociados a los calificadores son estimados de forma subjetiva, debido a que ellos son conocidos hasta el final del presente trabajo, en el momento en que se suministran los documentos finales ante el comité de proyectos. Por otra parte, si algún actor no responde a la encuesta, se catalogará con un valor de interés bajo.

Por su parte, el rango de poder se calcula siguiendo el organigrama institucional, presentado de forma resumida en la *Figura 11*. Acá se tiene en cuenta que, se puede presentar diferentes rangos de jerarquía entre pares equivalentes de la organización y por ende se tiene en cuenta el impacto que producirá el propósito final del producto generado por el proyecto sobre la unidad de negocio a la que pertenece cada uno. Por otro lado, el nivel de poder de los *Stakeholders* externos se valora en rangos bajos, debido a que su opinión no afectará el avance de los entregables.

**Figura 11.** Organigrama resumido USTA-Bucaramanga



Finalmente, la influencia considera el nivel de escolaridad, la profesión y la experiencia de trabajo de cada actor en áreas de conocimiento relacionadas con el proyecto o el uso que le dará al producto final que se busca al finalizar los objetivos, para así analizar el aporte que cada uno pueda contribuir al mejoramiento continuo durante las fases de formulación, planificación y posterior desarrollo (Por fuera del alcance del proyecto actual).

Los datos obtenidos se muestran de forma gráfica en matrices de *poder vs interés* (Figura 12) y *poder vs influencia* (Figura 13), presentando estrategias de involucramiento para trabajar con los actores sobre cuatro regiones claves, coloreadas de las siguientes formas:

1. *Matriz de poder vs interés*

- Color verde ■: Son los aliados que hay que gestionar activamente.
- Color rosa ■: Son los apoyos que se deben ser consultados e informados.
- Color amarillo ■: Son los simpatizantes por satisfacer.
- Color azul ■: Actores a monitorear por si cambian de ubicación en la matriz.

Figura 12. Plantilla de matriz de poder vs interés

Matriz de Poder vs Interés							
Poder	MUY ALTO	5					
	ALTO	4					
	MEDIO	3					
	BAJO	2					
	MUY BAJO	1					
			1	2	3	4	5
			MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
			Interés				

Nota: el sombreado azul oscuro hace referencia al título de cada columna, los sombreados intercalados de azul y blanco permiten visualizar cada línea de la tabla de forma fácil; finalmente, cada sombreado verde oscuro, verde, amarillo, naranja y naranja oscuro, permite identificar las palabras claves muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo, respectivamente, de forma rápida dentro de la tabla.

2. *Matriz de poder vs influencia*

- Color verde : Son los aliados que hay que atender con urgencia.
- Color rosa : Son expertos que nos orientaran en el desarrollo.
- Color amarillo : Son simpatizantes que no deben ser ignorados.
- Color azul : Actores irrelevantes a la hora de toma de decisiones.

**Figura 13.** *Plantilla de matriz de poder vs influencia*

		Matriz de Poder vs Influencia					
<b>Poder</b>	<b>MUY ALTO</b>	5					
	<b>ALTO</b>	4					
	<b>MEDIO</b>	3					
	<b>BAJO</b>	2					
	<b>MUY BAJO</b>	1					
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
			<b>MUY BAJO</b>	<b>BAJO</b>	<b>MEDIO</b>	<b>ALTO</b>	<b>MUY ALTO</b>
			<b>Influencia</b>				

Nota: el sombreado azul oscuro identifica el título de la matriz, mientras que los sombreados amarillo, verde, azul y naranja, permite identificar las zonas en las cuales se encuentra cada interesado dentro del diagrama.

Todos los procesos y herramientas descritos en los párrafos anteriores, para el análisis de los interesados, se elaboraron siguiendo procesos iterativos del ciclo PHVA (Planear – Hacer – Verificar – Actuar), desglosados de la siguiente forma:

- *Planificar (P)*: el grupo de trabajo, conformado por los dos (2) autores del documento, desarrollan las plantillas presentadas en la *Figura 10*, *Figura 12* y *Figura 13*.
- *Hacer (H)*: el grupo de trabajo realiza la identificación de interesados utilizando las plantillas creadas.
- *Verificar (V)*: la información desarrollada es validada por alguno o varios de los interesados, dependiendo de la fase en la que se encuentre el proyecto. Algunas veces la labor de verificación es realizada por los mismos autores a medida que se crean nuevos capítulos, otras veces por los directores del trabajo, en algunas ocasiones por los involucrados catalogados como consultores y en fases adelantadas del desarrollo, por pares evaluadores. De forma adicional, se establecen reuniones informales con la facultad, para presentar los avances que se lleven del documento y validar la percepción del proyecto frente a los colegas de la unidad de negocio.
- *Actuar (A)*: con las retroalimentaciones obtenidas en el paso anterior de verificación, se actualizan los documentos y se elaboran mejoras.

Los resultados de la encuesta *Apéndice A - Encuesta de interés (Plantilla)* se pueden apreciar en los *Apéndice B - Encuesta de interés (Resultados Forms)* y *Apéndice C - Encuesta de interés (Análisis)*. En el primero (resultados forms) se encuentran los datos crudos, tal cual los suministra Microsoft Forms (el aplicativo de encuesta utilizado); mientras que, por su parte, el segundo archivo presenta los datos de forma agrupada y con gráficos que facilitan el análisis de la

información recolectada. Algunos de los resultados más relevantes se pueden ver desde la *Figura 14* hasta la *Figura 18*.

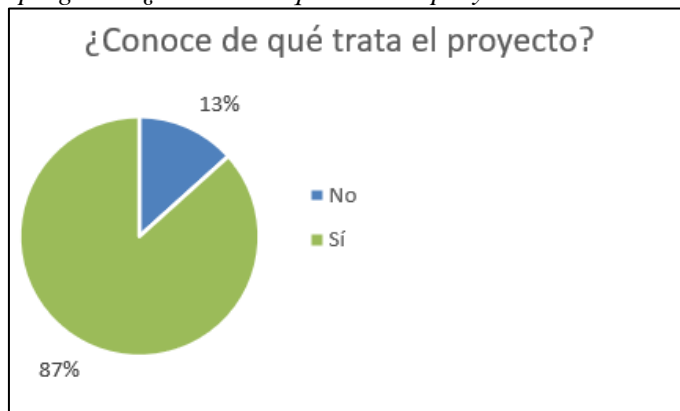
**Figura 14.** Número de personas que participaron de la encuesta de interés

Número de encuestados por rol identificado	
Etiquetas de fila	
☒ Co-director del proyecto (DIR)	1
☒ Docente USTA de Especialización (DOC)	3
☒ Docente USTA de pregrado (DOC)	4
☒ Encuestado a nivel de alumnado - Especialización (EST)	10
☒ Encuestado a nivel de alumnado - Pregrado (EST)	20
☒ Experto externo / Par evaluador (EXT)	3
☒ Representante ante comité de proyectos (MSG)	1
☒ Sponsor/director (SP)	1
☒ Consultor / par evaluador (UDCFD)	2
☒ Consultor Campus Virtual (CVIR)	2
<b>Total general</b>	<b>47</b>

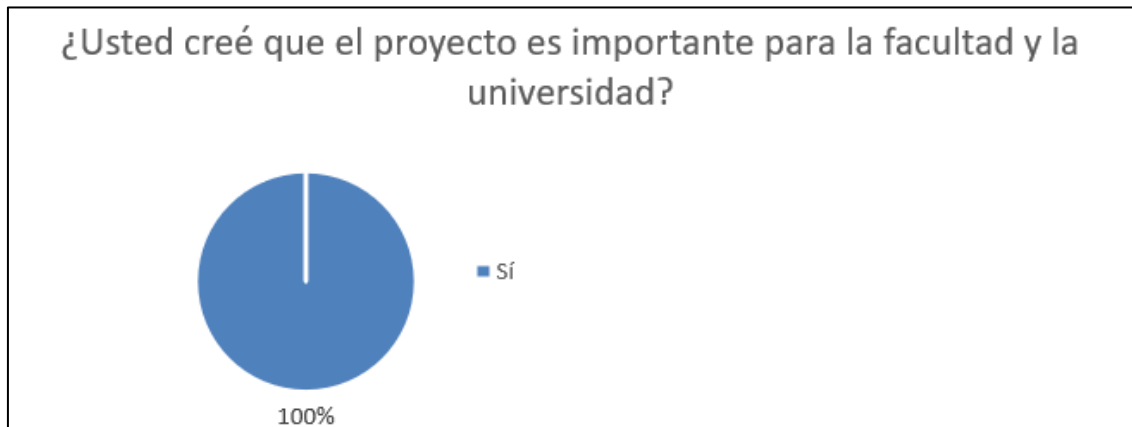
Nota: el sombreado azul oscuro hace referencia al título principal y el título de la primera columna, los sombreados azules muestran cada uno de los interesados identificados del proyecto.

La *Figura 14* deja ver la cantidad de personas que participaron en la encuesta agrupados según el rol que desempeñan dentro del proyecto, cuya información se podrá observar con mayor detalle más adelante en el *Apéndice D - Identificación de interesados*.

**Figura 15.** Resultado a la pregunta: ¿Conoce de qué trata el proyecto?



**Figura 16.** Resultado a la pregunta: ¿Usted creé que el proyecto es importante para la facultad y la universidad?



Las *Figura 15* y *Figura 16* muestra los resultados a las preguntas ¿Conoce de qué trata el proyecto? y ¿Usted creé que el proyecto es importante para la facultad y la universidad?, donde se puede percibir que a pesar de que algunos no conocen el proyecto si consideran importante el desarrollo de este para la institución. De forma complementaria, se realizaron entrevistas personalizadas cara a cara posteriormente con los actores que respondieron *no* a la primera pregunta, logrando descubrir que, si conocen el proyecto, pero no al grado de detalle que les gustaría; puesto que estarían encantados de poder leer, analizar y retroalimentar los documentos finales cuando el proyecto concluya (recordando que el alcance es hasta la fase de planificación). Cabe aclarar que esta encuesta fue aplicada durante la etapa de formulación del proyecto.

**Figura 17.** Resultado a la pregunta: mencione la razón de su opinión de la respuesta anterior (¿Usted creé que el proyecto es importante para la facultad y la universidad?)

Nombre	Mencione la razón de su opinión personal de la respuesta anterior
Cesar Hernando Valencia Niño	se encuentra alineado con la planeación estratégica de las actividades consignadas en los proyectos del plan de mejoramiento
Davison Dionangel Lopez lemus	Es importante por el hecho de que los estudiantes tendrán desde la comodidad de sus casas la oportunidad de trabajar en los laboratorios que la universidad tiene para el servicio de los estudiantes.
Miguel Angel Trigos Martínez	El proyecto es importante porque existe una necesidad de tener acceso a los recursos de laboratorios remotamente, dará disponibilidad de los laboratorios todo el año y la facultad se pondría al nivel de las universidades del mundo moderno.
Miguel Angel Tristancho Muñoz	Es un excelente proyecto contemplando las características socio-académicas en que nos encontramos actualmente. La virtualidad ha tomado una gran terreno dentro de la enseñanza en todos los niveles y es muy importante que se desarrolle de la mejor manera; segura, confiable y con alto grado de disponibilidad para todos.
Sergio Andrés Zabala Vargas	Estrategias innovadoras que son pertinentes para la formación de los ingenieros.

Nota: el sombreado azul hace referencia al título de cada columna y los sombreados intercalados de azul y blanco permiten visualizar cada línea de la tabla de forma fácil.

**Figura 18.** Resultado a la pregunta: desde su conocimiento, ¿Qué puede aportar al proyecto?

Nombre	
Andrés José Rodríguez Torres	Especialista en el tema a tratar, experiencia docente en la disciplina de estudio y generación de proyectos en la disciplina
Miguel Angel Trigos Martínez	Puedo aportar el feedback que conozco en España, esto permitirá hacer una evaluación de lo que se usa actualmente y como se puede implementar en la USTA.
Dolly Smith Flórez Moreno	Desarrollo de competencias para realizar prácticas de laboratorio con acceso remoto a equipos de control y automatización de procesos industriales.
Tatiana Navas	Incorporación de TIC en prácticas educativas
Ivan Hernandez	Experiencia y visión empresarial.

Nota: el sombreado azul hace referencia al título de cada columna y los sombreados intercalados de azul y blanco permiten visualizar cada línea de la tabla de forma fácil

Las Figura 17 y Figura 18 revelan algunas respuestas a las preguntas abiertas del formulario. Esta pequeña porción se parece a las demás respuestas obtenidas dentro del formulario, denotando un apoyo e interés positivo frente a la finalidad del proyecto por parte de todos los actores encuestados.

**Figura 19.** Resultado a la pregunta: ¿Cuál considera que es su interés dentro del proyecto?  
¿Cuál considera que es su interés dentro del proyecto?



Por último, la *Figura 19* presenta el grado de interés que cada Stakeholder percibe de sí mismo frente al proyecto, pudiendo verse que un 73% de los involucrados tiene un interés alto y apoyaran las diferentes fases del ciclo de vida del proyecto. Este valor es un punto de referencia para categorizar a cada rol dentro de las matrices de poder interés y poder influencia, pero no es un valor absoluto, puesto que se debe tener en cuenta las otras respuestas del formulario.

Los resultados finales, generados de la identificación de interesados, se pueden observar en el documento *Apéndice D – Identificación de interesados* dentro de la hoja 1. *Listado de interesados*. Por su parte, las matrices de *Poder vs interés*; y *Poder vs influencia* generadas para el proyecto, se aprecian en la *Figura 20* y *Figura 21* del presente documento.

**Figura 20.** *Matriz de poder vs interés*

Matriz de Poder vs Interés						
Poder	MUY ALTO	5		DIR; EVA;		SP;
	ALTO	4		MSG;		
	MEDIO	3	ASE;			DOC;
	BAJO	2		CVIR;	EXT; UDCFD; PRO;	
	MUY BAJO	1			EST;	
		1	2	3	4	5
		MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
		Interés				

Nota: el sombreado azul oscuro identifica el título de la matriz, mientras que los sombreados amarillo, verde, azul y naranja, permite identificar las zonas en las cuales se encuentra cada interesado dentro del diagrama.

**Figura 21.** *Matriz de poder vs influencia*

Matriz de Poder vs Influencia						
Poder	MUY ALTO	5			DIR;	SP; EVA;
	ALTO	4		MSG;		
	MEDIO	3			DOC;	ASE;
	BAJO	2		PRO;	EXT; CVIR; UDCFD;	
	MUY BAJO	1			EST;	
		1	2	3	4	5
		MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
		Influencia				

Nota: el sombreado azul oscuro identifica el título de la matriz, mientras que los sombreados amarillo, verde, azul y naranja, permite identificar las zonas en las cuales se encuentra cada interesado dentro del diagrama.

Apoyados en las políticas definidas previamente en las plantillas creadas y observando la información presentada en la *Figura 20* y *Figura 21*, se obtienen las siguientes interpretaciones; junto con los niveles de prioridad y urgencia para cada involucrado.

3. *Matriz de Poder vs Interés (Nivel de prioridad)*

- *Nivel de prioridad 1:* dentro de los actores más importantes están el patrocinador/director (*SP*), y los encuestados a nivel de docencia (*DOC*). Lo anterior es lógico si se tiene en cuenta que ambos involucrados forman parte de la facultad de ingeniería mecatrónica. Ambos, en un futuro, serán los encargados de tomar la decisión de llevar a cabo el plan de dirección y gestión (resultado final del proyecto).
- *Nivel de prioridad 2:* el segundo grupo prioritario está conformado por los encuestados a nivel de expertos en automatización industrial (*EXT*) y la unidad de desarrollo curricular y formación Docente (*UDCFD*), consultados como expertos técnicos durante todo el ciclo de vida del proyecto. Adjunto a ellos, se encuentran presentes los encuestados a nivel de alumnado (*EST*), grupo de interés impactado de forma directa por la prospectiva del objetivo principal del proyecto. El grupo de los estudiantes aporta la visión personal de los usuarios finales sobre la correcta selección de la estrategia implementada.
- *Nivel de prioridad 3:* presenta al codirector (*DIR*), que a pesar de cumplir las mismas funciones que el interesado clave *SP* y ser un aliado clave en todas las etapas del proyecto, no forma parte del cliente final (facultad de ingeniería mecatrónica), quienes harán uso del producto final generado. Por su parte, los evaluadores (*EVA*), no son involucrados activos, sino expertos encargados de aprobar la versión final del documento, oficializando de esta manera la línea base del plan. Caso similar al anterior sucede con los asesores metodológicos MML (*ASE*), encargados de certificar la adecuada implementación de la

metodología de dirección y gestión del proyecto, garantizando una estructura clara y concisa con los objetivos a resolver durante el presente trabajo. Por último, El interesado mencionado como directora de la maestría (*MSG*), es el socio clave durante los procesos burocráticos naturales que atraviesa el proyecto, facilitando los trámites necesarios durante la presentación del TFM (Trabajo final de maestría).

- *Nivel de prioridad 4*: en el último nivel de prioridad se encuentra el campus virtual (*CVIR*), experto técnico consultado durante todo el ciclo de vida del proyecto. Su nivel de interés se ve reducido frente a otros grupos que cumplen el mismo rol, como son *EXT* y *UDCFD*, porque su juicio experto está reservado para la fase de profundización de la opción seleccionada, sin formar parte activa en el análisis de alternativas.

#### 4. *Matriz de poder vs influencia (Nivel de urgencia)*

- *Nivel de urgencia 1*: las solicitudes presentadas por el patrocinador/director (*SP*), el codirector (*DIR*) y los evaluadores (*EVA*) son críticas y se atienden con un elevado nivel de urgencia. Son consideradas como urgencia de alto nivel.
- *Nivel de urgencia 2*: los requerimientos de los encuestados a nivel de docencia (*DOC*) tienen un nivel de urgencia alto, pero inferior al de los involucrados del punto anterior, gracias a que estos docentes forman parte de la facultad de ingeniería mecatrónica (quien es el cliente final), pero al mismo tiempo no son actores altamente activos dentro de la elaboración del plan de dirección y gestión (resultado final del proyecto).
- *Nivel de urgencia 3*: los cambios solicitados por los asesores metodológicos MML (*ASE*), hacen parte del nivel de estructuración de la dirección y gestión del proyecto, pero no del propósito de este, por tal razón su nivel de urgencia es de tercer nivel.

- *Nivel de urgencia 4*: se encuentran reservado para las recomendaciones generadas por los expertos en automatización industrial (*EXT*), el campus virtual (*CVIR*) y la unidad de desarrollo curricular y formación docente (*UDCFD*). Éstas se clasifican como sugerencias técnicas orientadoras, no obligaciones para el entregable final.
- *Nivel de urgencia 5*: el punto de vista personal de los encuestados a nivel de alumnado (*EST*), corresponde con una opinión frente al propósito general del proyecto, permitiendo validar que la estrategia TIC seleccionada es del agrado de los usuarios finales.
- La solicitud de la directora de la maestría (*MSG*) cuentan con una atención rápida por parte de los autores del documento, evitando prolongaciones en el tiempo que fuesen percibidas como requerimientos ignorados. Aun así, la atención de la urgencia es muy baja, porque la universidad cuenta con procedimientos altamente estructurados por parte del comité de proyectos, para cada fase de entrega de TFM (Trabajo final de maestría).

### **3. Análisis del problema**

El árbol de problemas consiste en una diagramación de tipo causa - efecto, donde se identifica una problemática central, sus causas probables y los efectos que esta conlleva para un grupo específicos de interesados. En este caso dicho grupo lo conforman los estudiantes y docentes de las áreas de automatización industrial de la facultad de ingeniería mecatrónica de la universidad Santo Tomás seccional Bucaramanga, a nivel de pregrado y postgrado.

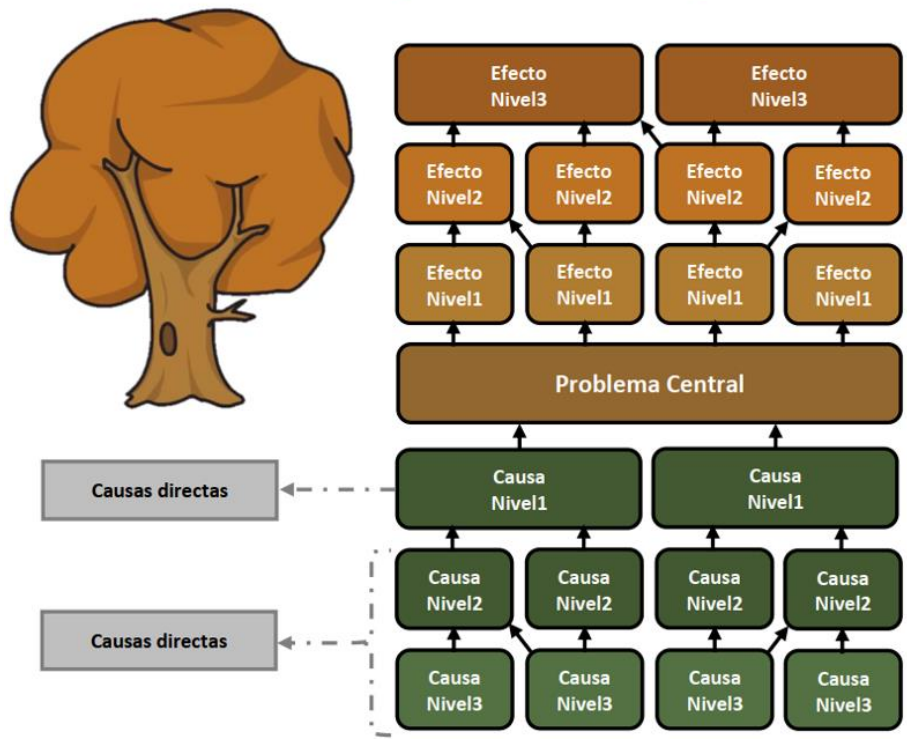
El propósito del árbol es hallar las causas principales del problema y diseñar un plan de acción a seguir para producir los mayores beneficios posibles para la comunidad afectada. En otras palabras, encontrar la línea o líneas de causas – problema – efectos que deben ser priorizados y atendidos por medio del desarrollo del proyecto.

La elaboración del árbol inicia con una problemática central asociada al objetivo principal del proyecto, que consiste en: *Desarrollar un plan de dirección y gestión de proyecto para la implementación de una estrategia mediada por TIC para la enseñanza remota de prácticas de laboratorio en el área de automatización industrial.* La problemática es desglosada hacia abajo en las causas que la originan y hacia arriba en los efectos que produce.

Todo el árbol se elabora por medio de reuniones con los interesados del proyecto, identificados en el capítulo 2. *Análisis de interesados.* Las reuniones se orientan en dos momentos claves, en primer lugar, una contextualización de la información que se tiene hasta el momento previo al dialogo y, en segundo lugar, un espacio de escucha activa del interesado analizado, evitando los juicios personales por parte de los autores del documento durante la sesión.

**Figura 22.** Diagramación de árbol de problemas

**Árbol de problemas (Análisis Causa -> Efecto)**



En el *Apéndice E – Árbol de problemas* se presentan las relaciones causas – problema – efectos, identificadas para el proyecto. La información presentada en dicho gráfico se describe por medio de frases claves, facilitando la comprensión, lectura y visualización del esquema generado en una sola hoja.

En el árbol de problemas se puede observar que la problemática central consiste en las *Debilidades que existen en el uso de estrategias mediadas por TIC para la enseñanza remota en las prácticas de laboratorio en el área de automatización industrial* y parte de tres causas principales, presentadas en la parte inferior del diagrama. La primera asociada a los *Altos costos de implementación de soluciones remotas por parte de la universidad*, la segunda relacionada con la *Inexperiencia de los docentes y estudiantes en el uso de estrategias TIC para el desarrollo de prácticas de laboratorio de forma remota* y una tercera correspondiente a *El concepto erróneo que se tiene sobre la educación remota*. Cada causa principal abre tres (3) líneas de análisis distintas, donde se identifica los siguientes elementos:

1. *Altos costos de implementación de soluciones remotas por parte de la universidad*: de este punto se desglosan cuatro (4) sub-líneas, descritas a continuación:
  - En primer lugar, no se han explorado conexiones remotas o virtualizadas con los dispositivos de laboratorio con los que ya se cuentan en las instalaciones de la universidad, debido a que no se ha sondeado qué tipos de plataformas de conexión remota se pueden utilizar, cuáles protocolos de comunicación son los más convenientes y qué tipo de seguridad informática es requerida para la solución. Estas tres razones existen porque, hasta el momento, no se ha buscado apoyo de parte de las TIC, los laboratoristas y las autoridades de la universidad. Adicionalmente, se debe tener en cuenta la mala conexión de internet por parte de los estudiantes y docentes en sus hogares; y las bajas características de los

equipos de cómputo personales, lo cual puede dificultar los requisitos de conexión necesarios con los equipos especializados de automatización industrial de la institución.

- En segundo lugar, no se cuentan con kits que puedan ser facilitados en modalidad de préstamo o venta para los estudiantes, que permitan el desarrollo práctico desde los hogares de cada interesado. La razón de ser de lo anterior es porque los laboratorios y las estrategias de enseñanza-aprendizaje están netamente enfocados a la presencialidad en las instalaciones de la universidad. Muchos de los equipos son de altos costos, requieren de una infraestructura específica o las licencias no pueden ser de uso personal.
- En tercer lugar, se cuenta con acceso limitado al hardware, debido a que la mayoría son equipos industriales que presentan dificultad de traslado por fuera de las instalaciones de la institución. Los motivos son los mismos al de la sub-línea anterior, ya que muchos de los equipos son de altos costos, requieren de una infraestructura específica o las licencias no pueden ser de uso personal.
- En cuarto y último lugar, no se cuenta con simuladores licenciados que puedan ser instalados en los equipos personales de los interesados y utilizados durante los encuentros síncronos. Los motivos son los mismos al de la sub-línea anterior.

*Nota:* Cabe resaltar que a pesar de que los docentes y estudiantes no cuentan con los elementos necesarios para el desarrollo de las prácticas de forma remota, se las ingenian para adquirir recursos adicionales a costo propio y en algunos casos realizan descargas de softwares no licenciados con el propósito de cubrir las prácticas. Lo anterior es crítico si pensamos en procesos de alta calidad institucional.

2. *Inexperiencia de los docentes y estudiantes en el uso de estrategias TIC para el desarrollo de prácticas de laboratorio de forma remota:* los docentes y estudiantes cuentan con

conocimientos, competencias y experiencia en el desarrollo de procesos de enseñanza-aprendizaje virtuales bajo enfoque teóricos y conceptuales, desarrollados mediante la plataforma Moodle, configurada por el campus virtual de la universidad; pero en el desarrollo de las prácticas de laboratorio específicas de la ingeniería mecatrónica, el tema ha sido otro. Dichas prácticas se llevaban a cabo de forma presencial o con acompañamiento docente de forma directa cara a cara dentro de las instalaciones del campus, pero la virtualidad ha traído nuevos retos y hasta el momento no se cuentan con competencias estructuradas que permitan afrontar esta realidad, la cual fue forzada en un alto grado por la pandemia del Covid-19.

Todo lo anterior se genera por una falta de planificación, ocasionada por tres razones principales. En primer lugar, una falta de incentivos sobre la creación de estrategias de enseñanza enfocada a las prácticas de laboratorios remotos, por lo cual los docentes enfocan sus esfuerzos sobre otras líneas de trabajo, como es la investigación y la proyección social. En segundo lugar, la improvisación sobre las estrategias generadas, las cuales se realizan de forma individual entre los espacios académicos de la misma área, producto del afán por buscar resultados rápidos ante la emergencia vivida en los dos últimos años por el Covid-19. Por último, en tercer lugar, los docentes no cuentan con un tiempo adecuado para la preparación de estos planes y estrategias pedagógicas, lo cual aviva la improvisación.

*Nota:* Cabe resaltar que, a pesar de no contarse con tiempos específicos para la creación de estos planes y estrategias pedagógicas, los docentes exceden sus jornadas laborales para dar cumplimiento con los diferentes espacios académicos, invirtiendo tiempo personal, de ocio y de familia para tal fin, lo cual puede llegar a generar sobre esfuerzos, estrés o

fenómenos como es el síndrome del quemado, conocido en inglés como *Burn-out Syndrome* (Galenao Ramírez, 2021).

3. *El concepto erróneo que se tiene sobre la educación remota:* Tanto los docentes como los estudiantes tienen un pensamiento sesgado sobre lo qué es la educación remota, prefiriendo en muchas ocasiones la presencialidad sobre estrategias síncronas y asíncronas de trabajo en casa. Dicha causa se deriva de una falta de versatilidad a la hora de explorar soluciones alternativas, por ejemplo, en el uso de aplicaciones libres para el desarrollo de las competencias de aprendizaje.

Por otra parte, algunos estudiantes consideran que falta acompañamiento docente durante el desarrollo de clases mediadas por TIC, lo cual es producido por que los docentes no cuentan con tiempo adecuado para el acompañamiento, el cual en muchos casos llega a ser mayor que el requerido durante la modalidad presencial.

Adicionalmente, el estrés producido durante la pandemia del Covid19 ocasiona la desmotivación y el desinterés de las partes interesadas, lo cual agrava el problema y genera poco a poco mayor desconocimiento sobre las ventajas de la educación virtual, remota y a distancia. A su vez, no se llega a comprender con claridad las diferencias que existen entre estas estrategias y el valor agregado que trae frente a la educación tradicional.

Otro punto importante, se presentan a nivel de especialización, donde existe un pensamiento más hacia el área operativa que a la ingeniería y el pensamiento crítico, los cuales son la impronta de la facultad, la división y la universidad. Los estudiantes en estos casos buscan aprender herramientas y no una visión holística del pensamiento sobre el qué hacer del área de automatización industrial, exigiendo en muchos casos más componentes

presenciales que de educación remota y un enfoque más hacia el aprendizaje específico de dispositivos concretos.

Finalmente, también se presenta el caso de que algunos estudiantes no cuentan con las herramientas apropiadas para aprovechar la educación remota, debido a que los equipos de cómputo que tienen no cubren los requisitos necesarios de conexión para las prácticas propuestas.

Cabe notar que algunos elementos identificados en las causas de la problemática se comparten entre las líneas principales, lo cual se puede apreciar en el gráfico *Apéndice E – Árbol de problemas*, por medio de líneas de color rojo que enlazan dichos elementos entre sí.

En el árbol de problemas se puede observar que la problemática, mencionada anteriormente, genera cuatro (4) efectos principales, presentados en la parte superior del diagrama. El primero relacionado con la *Desmotivación de las partes interesadas*, la segunda que tiene que ver con que *No se hace uso de las herramientas tecnológicas necesarias para el desarrollo de los espacios académicos*, la tercera asociada a la *Improvisación en estrategias de enseñanza-aprendizaje de prácticas de laboratorio en la modalidad remota* y la cuarta correspondiente a *Estrategias de enseñanza paralelas a los laboratorios prácticos, las cuales se dan en lugar de las prácticas presenciales*. A su vez cada uno de estos efectos generan cuatro (4) líneas de análisis distintas, de las cuales se identifica lo siguiente:

1. *Desmotivación de las partes interesadas*: dicha desmotivación de los docentes y estudiantes producen efectos directos e indirectos sobre los espacios académicos y el perfil profesional del egresado, ocasionados por una reducción en el cubrimiento de los temas,

competencias y resultados de aprendizaje de las clases; junto con estrategias de enseñanza inadecuadas a la realidad profesional que se espera en los sectores económicos del país y el mundo. Lo anterior causa que la calidad de enseñanza se vea reducida y con ello la universidad sea menos competitiva frente a otras IES (Instituciones de Educación Superior). Al mismo tiempo, los egresados pueden salir con perfiles que no sean competitivos para el mundo laboral, lo cual quiere decir que los resultados de enseñanza-aprendizaje no son los esperados al perfil profesional. A la par, la desmotivación genera inconformidades por parte de los estudiantes con respecto a los cursos prácticos recibidos bajo los enfoques de educación remota.

2. *No se hace uso de las herramientas tecnológicas necesarias para el desarrollo de los espacios académicos:* la universidad cuenta con una gran inversión en dispositivos, equipos, espacios físicos, softwares y recursos tecnológicos que se han venido comprando a lo largo de la historia de las facultades de ingeniería. Espacios altamente pulidos y adecuados para el desarrollo de las prácticas de laboratorio bajo un enfoque presencial; pero, hoy en día, se ven subutilizados debido a que todos los espacios académicos cuentan con un mayor componente de educación remota, ocasionado en principal medida por la emergencia Covid19 durante el año 2020 y 2021. Lo anterior ocasiona que la experiencia práctica se vea reducida.
3. *Improvisación en estrategias de enseñanza-aprendizaje de prácticas de laboratorio en la modalidad remota:* Debido a que no existe un plan pedagógico estructurado para el desarrollo de las clases con componente de prácticas de laboratorio bajo la modalidad de educación remota, se actúa de forma improvisada sobre las estrategias de enseñanza-aprendizaje necesarias en cada uno de los espacios académicos del área de automatización

industrial, lo cual puede generar en algunas ocasiones que las metodologías no se cumplan y los procesos no estén orientados a la filosofía institucional.

4. *Estrategias de enseñanza paralelas a los laboratorios prácticos, las cuales se dan en lugar de las practicas presenciales:* Este efecto, es una solución temporal o un plan B generado por la facultad de ingeniería mecatrónica, con el propósito de lograr cubrir los componentes prácticos necesario a pesar de la limitación actuales de la presencialidad en épocas de Covid19.

Dicho plan consta de dos (2) pasos. En primer lugar, los docentes desarrollan estrategias paralelas a las prácticas presenciales, tales como: analogías, practicas con equipos de bajo costo que los estudiantes pueden conseguir en sus hogares (que no asemejan la realidad industrial que se quiere ofertar), ejemplificaciones y casos de estudio. En segundo lugar, las prácticas presenciales son llevadas al final del semestre, cubriendo todo el tema de laboratorios prácticos en pocas sesiones de corta duración, respetando en la medida de lo posible los protocolos de bioseguridad. Lo anterior ocasiona que las prácticas muchas veces se vean desconectadas de la teoría y por tal motivo no se pueda avanzar de la forma esperada. En muchos casos se requieren más sesiones y mayores tiempos para garantizar el aprendizaje de cada tema abordado en clase.

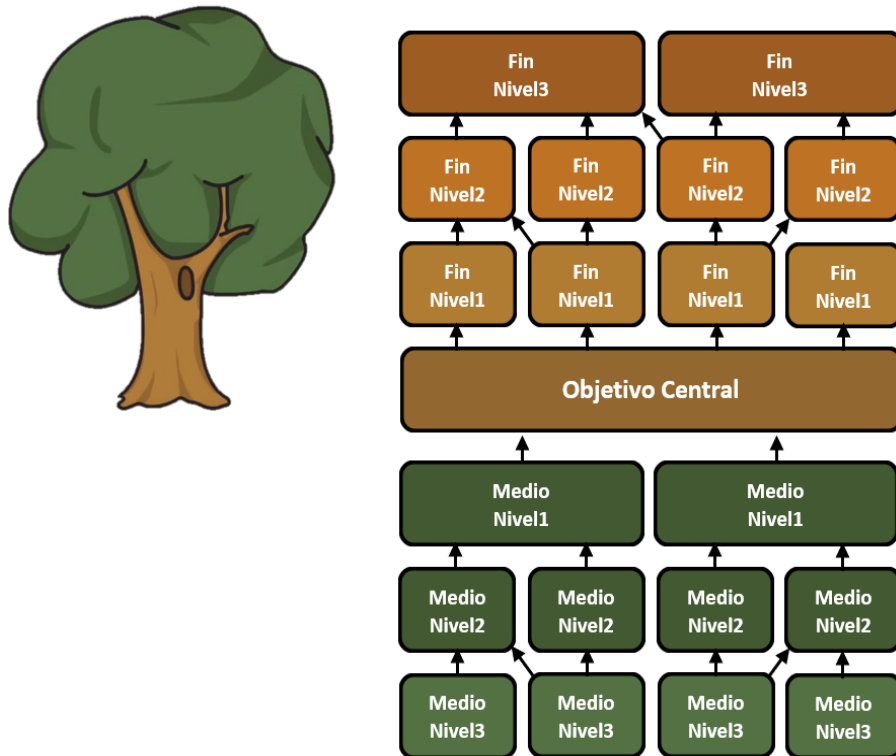
Al igual que en las causas, acá cabe notar que algunos efectos identificados se comparten entre las líneas principales, lo cual se puede apreciar en el gráfico *Apéndice E – Árbol de problemas*, por medio de líneas de color rojo que enlazan dichos elementos entre sí.

#### **4. Análisis de objetivos**

El árbol de objetivos consiste en una diagramación de tipo medio – fin, donde se identifica un objetivo central, los medios necesarios para llevarlo a cabo y los fines o propósitos de este. Dicho esquema se crea tomando como base el árbol de problemas, donde se identificaron previamente las condiciones negativas que afectan actualmente al grupo de interesados de docentes y estudiantes del área de automatización industrial de la facultad de ingeniería mecatrónica de la universidad Santo Tomás seccional Bucaramanga, a nivel de pregrado y postgrado. El diagrama de árbol de objetivos transforma todas estas condiciones negativas en situaciones positivas, que se estiman viables para alcanzar beneficios dentro de la comunidad.

El propósito del árbol es transformar las causas en medios y los efectos en fines, que permitan observar de una manera clara cuales son los objetivos que se deben cumplir para solucionar las problemáticas identificadas en el árbol anterior y de esta forma garantizar los mayores beneficios posibles para la comunidad afectada. En otras palabras, encontrar la línea o líneas de medios – objetivo – fines que pueden ser atendidas por medio del desarrollo del proyecto.

La elaboración del árbol inicia tomando la problemática central y transformándola en el objetivo base del proyecto a nivel de funcionalidad (entregable que se desarrollará a futuro durante la fase de ejecución, posteriormente a la entrega del proyecto/documento actual). Dicho objetivo es desglosado hacia abajo en los medios necesarios para lograrlo y hacia arriba en los fines que se busca impactar sobre la comunidad, tal cual se explicó en los dos párrafos anteriores.

**Figura 23.** Diagramación de árbol de objetivos

En el *Apéndice F – Árbol de objetivos* se presentan las relaciones de medios– objetivo – fines, identificadas para el proyecto. La información presentada en dicho gráfico se describe por medio de frases claves (al igual que en el árbol de problemas), facilitando la comprensión, lectura y visualización del esquema generado en una sola hoja.

En el árbol de objetivos se puede observar que el objetivo central consiste en *Fortalecer las estrategias mediadas por TIC para la enseñanza remota en las prácticas de laboratorio en el área de automatización industrial* y parte de tres medios principales, presentados en la parte inferior del diagrama. El primero asociado a los *Costos adecuados de implementación de soluciones remotas por parte de la universidad*, el segundo relacionado con la *Experiencia de los docentes y estudiantes en el uso de estrategias TIC para el desarrollo de prácticas de laboratorio*

*de forma remota* y un tercero correspondiente a *El conocimiento pleno sobre la educación remota*.

Cada una de las cuales abre tres (3) líneas de análisis distintas, donde se identifica lo siguiente:

1. *Costos adecuados de implementación de soluciones remotas por parte de la universidad:*

De este punto se desglosan cuatro (4) sub-líneas, descritas a continuación:

- En primer lugar, se pueden explorar soluciones de conexiones remotas y virtualizadas con los dispositivos de laboratorio con los que ya se cuentan en las instalaciones de la universidad, revisando qué tipos de plataformas de conexión remota se pueden utilizar, cuáles protocolos de comunicación son los más convenientes y qué tipo de seguridad informática es requerida para la solución. Estos tres puntos, si se llevan a cabo, parten del apoyo de las TIC, los laboratoristas y las autoridades de la universidad, quienes serán los expertos internos que apoyarán los procesos de definición, formulación y configuración de la línea de solución. Adicionalmente, se debe considerar cuál es la calidad del internet en el hogar con el que cuentan los participantes (docentes y estudiantes) y las características de cómputo que ellos utilizan, ya que esto afectará en gran medida el tipo de solución específica a implementar.
- En segundo lugar, se pueden elaborar kits que puedan ser facilitados en modalidad de préstamo o venta para los estudiantes, lo cual permita un desarrollo práctico efectivo desde los hogares de cada interesado. Dichos kits deben tener en cuenta protocolos administrativos claros para garantizar la devolución en perfecto estado de los equipos y el pago de multas cuando estos presenten daños. En el caso de considerarse ventas de los kits, se debe trabajar en pro de asegurar bajos costos y facilidades de pago, para que todos los estudiantes puedan adquirirlo sin problema y de esta forma sean capaces de desarrollar las prácticas en igualdad de condiciones a los demás compañeros de aula.

- En tercer lugar, se pueden garantizar accesos a los Hardwares de la universidad, bajo modalidades de conexión remota, préstamos, virtualización de equipos, laboratorios virtuales, estrategias B-Learning, entre otras modalidades de educación remota, mencionadas en el capítulo 1.3. *Estado del arte*. Al igual que en la estrategia anterior se debe tener claras las políticas de préstamos y devolución.
  - En cuarto y último lugar, se puede contar con simuladores licenciados que puedan ser instalados en los equipos personales de los interesados y utilizados durante los encuentros síncronos. Para tal fin, se deben buscar proveedores que garanticen programas de computadora que sean adecuados para los procesos de enseñanza-aprendizaje bajo modalidad remota. Al igual que en la estrategia anterior se debe tener claras las políticas de préstamos y devolución.
  - *Nota:* Cabe resaltar que, un punto importante es lograr que la universidad garantice los dispositivos de hardware y softwares necesarios para el desarrollo de las prácticas de laboratorio, evitando de esta forma que los docentes y estudiantes hagan inversiones propias de presupuesto o utilicen softwares no licenciados.
2. *Experiencia de los docentes y estudiantes en el uso de estrategias TIC para el desarrollo de prácticas de laboratorio de forma remota:* los docentes y estudiantes deben poder contar con conocimientos, competencias y experiencia en el desarrollo de procesos de enseñanza-aprendizaje virtuales bajo enfoque teóricos y conceptuales, al igual que en el desarrollo de prácticas de laboratorio específicas de la ingeniería mecatrónica. Dichas prácticas se pueden llevar a cabo de forma presencial o a través de modelos de educación remota como los mencionados en el capítulo 1.3. *Estado del arte*.

Todo lo anterior se puede lograr con una adecuada planificación, la cual es generada por tres factores principales identificados. En primer lugar, incentivos y reconocimientos para los docentes ante actividades relacionadas con la creación de estrategias de enseñanza enfocada a las prácticas de laboratorios remotos, garantizando que los docentes no solo enfoquen su trabajo en otras labores (como la investigación y la proyección social), sino que también atiendan estas estrategias de enseñanza remota, logrando así esfuerzos encaminados hacia todas las áreas académico-administrativas de la universidad. En segundo lugar, se debe evitar la improvisación, aplicando estrategias coordinadas entre los diferentes espacios académicos del área, asegurando objetivos comunes ante cualquier adversidad, como lo que se presenta hoy en día con la emergencia del Covi-19. Por último, en tercer lugar, los docentes deben contar con tiempos adecuados para la preparación de los planes y estrategias pedagógicas, garantizando trabajo independiente en pro de la elaboración de prácticas novedosas que pueden ser transmitidas a los grupos de trabajo y de esta forma aunar esfuerzos coordinados a favor del área.

Un aspecto por resaltar actualmente es el incentivo para la elaboración de material docente, enfocado a estrategias virtuales. Los nuevos lineamientos del estatuto docente del año 2020 motivan a los profesores por medio de puntos para el escalafón y recategorización dentro de la universidad.

*Nota:* Cabe resaltar que, un punto importante es lograr contar con tiempos específicos para la creación de estos planes y estrategias pedagógicas, garantizando que los docentes puedan cumplir sus obligaciones dentro de las jornadas laborales y cuenten con espacios personales, de ocio y de familia por fuera de la institución, evitando así sobre esfuerzos en

los recursos humanos. Una forma que se puede considerar viable es la asignación de tiempos intersemestrales para estos propósitos.

3. *El conocimiento pleno sobre la educación remota:* En este punto se pueden desarrollar actividades que garanticen que los docentes y estudiantes tengan un pensamiento claro sobre lo qué es la educación remota, sus principales ventajas y las diferencias que existen frente a la educación tradicional. Estrategias de versatilidad como la exploración de soluciones alternativas y el uso de aplicaciones libres, pueden contribuir a mejorar este aspecto.

Por otra parte, el acompañamiento docente se logra cubrir siempre y cuando se garanticen horas de trabajo adecuadas y definidas para que los docentes puedan desarrollar sus funciones académicas, relacionadas con los espacios académicos fuera de los encuentros síncronos.

Adicionalmente, se deben desarrollar planes de bienestar mental ante la pandemia del Covid19, influyendo de esta forma en la motivación por continuar con los procesos de enseñanza-aprendizaje de forma remota. A su vez, se debe dar claridad, entendimiento y motivación sobre las diferencias y ventajas que existen entre estas estrategias de educación virtual, remota y a distancia, garantizando la participación de los actores bajo estas modalidades de enseñanza.

Otro punto importante, consiste en poder diseñar estrategias encaminadas a mejorar el pensamiento crítico sobre los estudiantes, garantizando perfiles más ingenieriles que operativos. Lo anterior se identifica al menos en lo que concierne a la especialización en automatización industrial, ofertada en la facultad de ingeniería mecatrónica, donde se identificó previamente el problema en cuestión.

Finalmente, también se debe considerar el caso particular de aquellos estudiantes que no cuentan con las herramientas apropiadas para aprovechar la educación remota, debido a que los equipos de cómputo que tienen no cubren los requisitos necesarios de conexión para las prácticas propuestas. En este punto se debe ser empático y buscar soluciones alternas y temporales a la par de estrategias definitivas que garanticen la integración del estudiante a las bondades de la educación remota.

Cabe notar que algunos elementos identificados en los medios del diagrama se comparten entre las líneas principales, lo cual se puede apreciar en el gráfico *Apéndice F – Árbol de objetivos*, por medio de líneas de color rojo que enlazan dichos elementos entre sí.

En el árbol de objetivos se puede observar que el objetivo central, mencionado anteriormente, genera cuatro (4) fines principales, presentados en la parte superior del diagrama. El primero relacionado con la *Motivación de las partes interesadas*, el segundo que tiene que ver con que *Uso de las herramientas tecnológicas necesarias para el desarrollo de los espacios académicos*, el tercero asociado a la *Estrategias coordinadas de enseñanza-aprendizaje de prácticas de laboratorio en la modalidad remota* y el cuarto correspondiente a *Estrategias de enseñanza paralelas a los laboratorios prácticos, las cuales se dan en lugar de las practicas presenciales*. A su vez cada uno de estos fines generan cuatro (4) líneas de análisis distintas, de las cuales se identifica lo siguiente:

1. *Motivación de las partes interesadas*: La motivación de los docentes y estudiantes, llevan a producir efectos directos e indirectos sobre los espacios académicos y el perfil profesional del egresado. Se puede lograr de esta manera, un cumplimiento de temas, competencias y resultados de aprendizaje de las clases, junto con estrategias de enseñanza adecuadas a la realidad profesional que se espera en los sectores económicos del país y del mundo. Lo

anterior produce un aumento en la calidad de enseñanza y con ello se logra que la universidad sea competitiva frente a otras IES (Instituciones de Educación Superior); al mismo tiempo que, los egresados salen de la facultad con perfiles competitivos para el mundo laboral, lo cual quiere decir que los resultados de enseñanza-aprendizaje son los esperados al perfil profesional. A la par, todos estos aspectos deben generar motivación por parte de los estudiantes con respecto a los cursos prácticos recibidos bajo los enfoques de educación remota.

2. *Uso de las herramientas tecnológicas necesarias para el desarrollo de los espacios académicos:* La universidad cuenta con una gran inversión en dispositivos, equipos, espacios físicos, softwares y recursos tecnológicos que se han venido comprando a lo largo de la historia de las facultades de ingeniería. Espacios altamente pulidos y adecuados para el desarrollo de las prácticas de laboratorio bajo un enfoque presencial, los cuales deberían ser utilizados de forma adecuada dentro de los espacios académicos que cuentan con educación remota. Por supuesto esto es posible siempre y cuando se cumplan los medios descritos anteriormente en el presente capítulo.
3. *Estrategias coordinadas de enseñanza-aprendizaje de prácticas de laboratorio en la modalidad remota:* La organización de un plan pedagógico estructurado para el desarrollo de las clases con componente de prácticas de laboratorio bajo la modalidad de educación remota, puede garantizar estrategias coordinadas de enseñanza-aprendizaje necesarias en cada uno de los espacios académicos del área de automatización industrial, lo cual puede facilitar el cumplimiento de las metodologías y permitir que los procesos estén orientados a la filosofía institucional.

4. *Estrategias de enseñanza paralelas a los laboratorios prácticos, las cuales se dan en lugar de las practicas presenciales:* Este último fin consiste en el mismo efecto del árbol de problemas, el cual al ser una solución temporal o plan B que ha dado buenos resultados hasta el momento durante el transcurso de los semestres 2020-2 y 2021-1, se mantendrá en el análisis del presente árbol de objetivos. El único cambio que se puede presentar para garantizar un análisis netamente positivo, se relacionada con la siguiente problemática: La estrategia mencionada ocasiona que las prácticas muchas veces se vean desconectadas de la teoría y por tal motivo no se pueda avanzar de la forma esperada, lo cual termina afectando la calidad de los procesos de enseñanza. En este caso particular, al funcionar como un fin, la calidad incrementada por los demás medios y fines descritos con anterioridad en el presente capítulo, aportarán a que las estrategias de enseñanza paralelas no sea un obstáculo sino un valor agregado a los procesos de enseñanza remota, en este caso particular enfocados a la bimodalidad o estrategias B-Learning.

Al igual que en los medios y en el árbol de problemas, acá cabe notar que algunos fines identificados se comparten entre las líneas principales, lo cual se puede apreciar en el gráfico *Apéndice F – Árbol de objetivos*, por medio de líneas de color rojo que enlazan dichos elementos entre sí.

## **5. Identificación de alternativas**

Con la metodología empleada en la priorización de las alternativas, se busca evaluar la opinión y preferencias de un grupo de expertos en el tema de estudio, para jerarquizar las alternativas que se definen para el desarrollo del proyecto, empleadas en la implementación de estrategias mediadas por TIC, comparando criterios de selección y haciendo énfasis en la

enseñanza remota de prácticas de laboratorio de automatización industrial, en la facultad de ingeniería mecatrónica de la universidad Santo Tomás seccional Bucaramanga.

El planteamiento de las alternativas, donde cada una de ellas ofrece soluciones al problema en estudio, se definen tomando como referencia el árbol de objetivos para encontrar la línea o líneas medio – objetivo – fin, que deben ser priorizadas y atendidas por medio del desarrollo del proyecto. Las alternativas fueron seleccionadas en conjunto con el Patrocinador (decano de ingeniería mecatrónica), con el fin de encontrar aquellas que se alinean adecuadamente con los procesos de mejoramiento de la facultad, garantizando de esta forma un enfoque preliminar y descartando otras opciones de menor valor para los procesos de acreditación y reacreditación. A continuación, se listan las alternativas a evaluar.

1. Acceso a conexión remota con recursos USTA en el laboratorio de automatización industrial.
2. Estrategia pedagógica para la creación de prácticas de laboratorio virtuales.
3. Acondicionamiento del laboratorio de automatización industrial USTA para prácticas de laboratorio virtual.

En la siguiente sección 6. *Evaluación de alternativas*, apoyados en una técnica de decisión multicriterio discreta, se priorizan las alternativas seleccionadas para establecer un rango jerárquico, a partir del juicio de expertos y criterios de selección.

## **6. Evaluación de alternativas**

Se establece una metodología de decisión multicriterio discreta, estableciendo un orden de las alternativas viables a ser implementadas, de mayor a menor de peso, para tener en cuenta en el desarrollo del plan de dirección y gestión del proyecto. Para tal fin se evalúan las tres opciones

elegidas en el capítulo 5. *Identificación de alternativas* en función de un conjunto de criterios de selección. La implementación de la técnica se denomina formalmente como decisión multicriterio discreta de proceso de jerarquías analíticas, denominada AHP, la cual se desarrolla con la ayuda del software Expert Choice (Choice, 2021).

Para la evaluación de las alternativas, primero se definen aspectos a considerar como parámetros comparativos, que sirven como criterios de selección y están relacionados con la implementación de estrategias TIC en la enseñanza remota. En segundo lugar, se establece un orden jerárquico de las alternativas y criterios de selección, según la opinión y preferencia de un grupo de expertos previamente definido. Para establecer el orden de prioridad de las alternativas, se toma como referencia la propuesta de Saaty (Saaty T.L, 2000), donde se ponderan dos matrices, una matriz de criterios de selección y otra de priorización de alternativas para cada criterio; que habitualmente forma parte de un proceso analítico jerárquico AHP.

### **6.1 Metodología proceso de jerarquías analíticas**

El método de AHP, introducido por Saaty, consiste en formalizar una comprensión intuitiva de problemas complejos utilizando una estructura jerárquica, cuyo propósito es permitir que el decisor pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, dándole la forma de una jerarquía de atributos; descomponiendo la decisión en varios niveles de prioridad o relevancia, partiendo del elemento superior de la estructura jerárquica AHP, que es el objetivo general del modelo de decisión. Para el presente caso en estudio, el objetivo general del modelo de decisión es la Priorizar alternativas para la implementación de una estrategia mediada por TIC para la enseñanza remota de prácticas de laboratorio de automatización industrial. (Saaty T.L, 2000)

AHP en un marco amplio, se ha diseñado para modelar el mundo real de los problemas de toma de decisiones para múltiples objetivos, múltiples criterios, de múltiples expertos y decisiones con cualquier número de alternativas. Una de las ventajas del AHP frente a otras técnicas de decisión multicriterio es que está concebida para incorporar tangibles, así como criterios intangibles, en especial cuando los juicios subjetivos constituyen una parte importante del proceso de decisión (Arvind Jayant, 2015).

Se tiene un mecanismo de obtención de pesos mediante la comparación de a pares según el nivel de jerarquía, se efectúa una relación pareada, tomando en cuenta la contribución o juicio de un grupo de expertos, para cada dependencia de criterios respecto de cada una de las alternativas. La comparación de a pares se realiza en términos de *razones o niveles de importancia* con respecto a los criterios definidos, sobre la base de una escala numérica propuesta por Saaty (Saaty T.L, 1980). La escala de valoración en las comparaciones pareadas de Saaty consiste en dar valores numéricos de 1 a 9, en donde 1 es igual importancia, 3 es moderada importancia, 5 es fuerte importancia, 7 es muy fuerte importancia, y 9 es de extrema importancia. Incluso los números que se sitúen en valores intermedios entre los niveles también se tienen en cuenta.

## **6.2 Definición de alternativas y criterios de selección**

A partir del árbol de objetivos y apreciación de los interesados, para encontrar la línea o líneas medio – objetivo – fin, que deben ser priorizados y atendidos por medio del desarrollo del proyecto. Las alternativas establecidas, directamente relacionadas con el objetivo general del proyecto en estudio se listan a continuación:

1. *Alternativa A1 - Acceso a conexión remota*: acceso a conexión remota con recursos USTA en el laboratorio de automatización industrial.

2. *Alternativa A2 - Estrategia pedagógica*: estrategia pedagógica para la creación de prácticas de laboratorio virtuales.
3. *Alternativa A3 - Acondicionamiento laboratorio*: acondicionamiento del laboratorio de automatización industrial USTA para prácticas de laboratorio virtual.

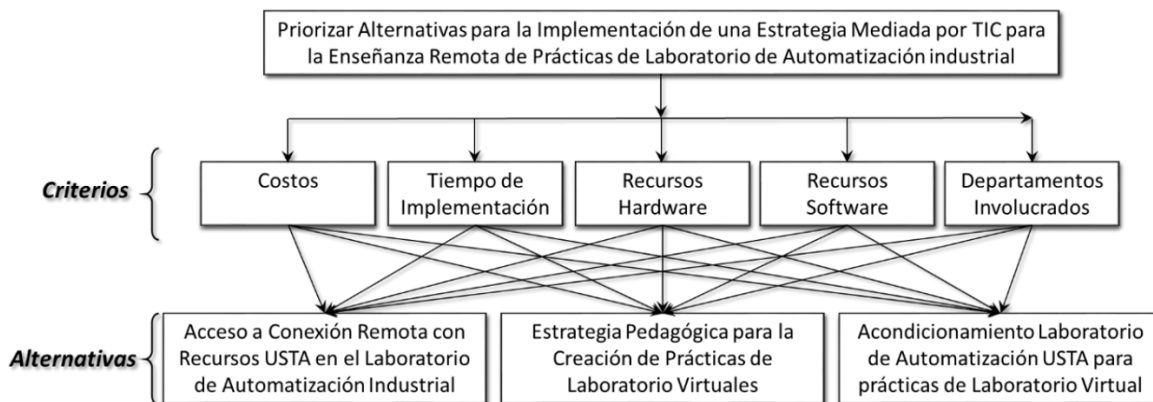
Resulta complejo y comprometedor definir subjetivamente cuál sería la alternativa de mayor relevancia o más influyente para la solución de problema planteado, dado que depende de una variedad de aspectos de diferente índole y cada uno de ellos tiene definidos ventajas, desventajas y prioridades según juicios y apreciaciones de diferentes observadores e interesados. Para establecer parámetros comparativos que ofrezcan una medición y jerarquización de las alternativas, se definen criterios de selección a considerar para la aplicación del método AHP, los cuales se enuncian a continuación:

- *Criterio C1 - Costos*. Se consideran inversiones en equipos, dispositivos, hardware y software.
- *Criterio C2 - Tiempo de implementación*. Hace referencia al tiempo requerido para el desarrollo y ejecución de la propuesta seleccionada.
- *Criterio C3 - Recursos hardware*. Consiste en la infraestructura tecnológica computacional requerida para el desarrollo de las estrategias de educación virtual.
- *Criterio C4 - Recursos software*. Son los programas que se ejecutan sobre el hardware, por ejemplo, sistemas operativos y herramientas de desarrollo.
- *Criterio C5 - Departamentos involucrados*. Entes administrativos que intervienen en el desarrollo y ejecución del proyecto.

En la *Figura 24* se presenta la estructura del modelo jerárquico el desarrollo de la metodología AHP, estableciendo como objetivo: priorizar alternativas para la implementación de

una estrategia mediada por TIC para la enseñanza remota de prácticas de laboratorio de automatización industrial, donde se presentan las alternativas propuestas y criterios de selección.

**Figura 24.** Modelo jerárquico AHP



### 6.3 Definición del grupo de expertos

Los expertos seleccionados en este punto hacen parte de los interesados internos y externos previamente identificados en el capítulo 2. *Análisis de interesados*, quienes actuarán en este punto como evaluadores de las alternativas seleccionadas. A modo de resumen los expertos son:

- *Tito Vargas*. Director de campus virtual.
- *Mónica Mantilla*. Asesora pedagógica de campus virtual.
- *Tatiana Navas*. Unidad de desarrollo curricular y formación docente (UDCFD).
- *William Castro*. Unidad de desarrollo curricular y formación docente (UDCFD).
- *David Eugenio Forero (USTA)*. Docente experto en automatización industrial.
- *José Carreño (USTA)*. Docente experto en automatización industrial.
- *Miguel Ángel Trisancho (USTA - ECOPETROL)*. Experto en automatización industrial de ECOPETROL y docente de DCS o sistemas de control distribuido en posgrado.
- *Andrés Rodríguez (México)*. Investigador experto en automatización industrial.

- *Iván Hernández (Colombia)*. Profesional experto en automatización industrial.
- *Miguel Trigos (España)*. Profesional experto en automatización industrial.

#### **6.4 Ponderación de criterios y priorización de alternativas**

El modelo jerárquico AHP se establece a partir de la definición de los criterios de selección y las alternativas propuestas, representado en la *Figura 24*. En la parte superior del control jerárquico, se encuentra el objetivo del problema de evaluación. El objetivo es determinar la dominante decisión estratégica, a saber, alternativa de mayor prioridad para la implementación de una estrategia mediada por TIC para la enseñanza remota de prácticas de laboratorio de automatización industrial. Para la ponderación de los criterios se genera un cuestionario o encuesta, cuyo formato se puede observar en el *Apéndice G - Encuesta a expertos para AHP (Plantilla)*, que es enviado al grupo de expertos para su respectivo desarrollo. Como producto de este cuestionario se obtienen valores para ser ponderados y calculados con la ayuda del software *Expert Choice*, bajo la opción multi-experto; donde el resultado final es la priorización de las alternativas.

##### **6.4.1 Obtención de la matriz de comparaciones pareadas**

Las preguntas de los cuestionarios están estructuradas de acuerdo a las conexiones que relacionan cada grupo de criterios y las relaciones entre criterios y alternativas, resultado de las comparaciones pareadas. Como consecuencia de estas comparaciones se obtiene la matriz de ponderación de alternativas, de donde se establece que debería definirse diez relaciones de criterios y formularse 10 preguntas. Por otro lado, la matriz de la priorización de alternativas según cada criterio, de donde se establece que debería definirse tres relaciones de alternativas para cada criterio, obteniendo 15 relaciones de alternativas y formularse 15 preguntas, para un total de 25

preguntas en el planteamiento de las encuestas. En la *Figura 25* se presenta la matriz de comparaciones pareadas.

**Figura 25.** *Matriz de comparaciones pareadas para estructura de encuestas AHP*

**MATRIZ DE PONDERACIÓN ENTRE CRITERIOS**

CRITERIOS		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
Costos	C <sub>1</sub>	1	C <sub>1</sub> /C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> /C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> /C <sub>4</sub>	C <sub>1</sub> /C <sub>5</sub>
Tiempo de Implementación	C <sub>2</sub>		1	C <sub>2</sub> /C <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> /C <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> /C <sub>5</sub>
Recursos Hardware	C <sub>3</sub>			1	C <sub>3</sub> /C <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> /C <sub>5</sub>
Recursos Software	C <sub>4</sub>				1	C <sub>4</sub> /C <sub>5</sub>
Departamentos Involucrados	C <sub>5</sub>					1

**MATRIZ DE PRIORIDADES ENTRE ALTERNATIVAS PARA CADA CRITERIO**

Criterios \ Alternativas	Costos			Tiempo de Implementación			Recursos Hardware			Recursos Software			Departamentos Involucrados			
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	
Acceso a Conexión Remota con Recursos USTA en el Laboratorio de Automatización Industrial	A <sub>1</sub>	1	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> /A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	1	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> /A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	1	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> /A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	1	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> /A <sub>3</sub>
Estrategia Pedagógica para la Creación de Prácticas de Laboratorio Virtuales	A <sub>2</sub>		1	A <sub>2</sub> /A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>		1	A <sub>2</sub> /A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>		1	A <sub>2</sub> /A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>		1	A <sub>2</sub> /A <sub>3</sub>
Acondicionamiento Laboratorio de Automatización USTA para prácticas de Laboratorio Virtual	A <sub>3</sub>			1	A <sub>3</sub>			1	A <sub>3</sub>			1	A <sub>3</sub>			1

Nota: el sombreado verde, presenta el Cruce entre criterios.

### 7. Priorización de alternativas

Una vez implementada la aplicación de la metodología del AHP, cuyo objeto de estudio es: Priorizar alternativas para la implementación de una estrategia mediada por TIC para la enseñanza remota de prácticas de laboratorio de automatización industrial, se logra combinar de forma pareada las alternativas propuestas y los criterios de selección mediante la aplicación de encuestas, de acuerdo con los modelos presentados anteriormente en el capítulo 6. *Evaluación de alternativas*. De esta forma se obtienen los resultados del análisis jerárquico para los intereses del proyecto.

Las encuestas se realizaron teniendo en cuenta la opinión y juicio de un grupo de expertos, conformados por profesionales de diferentes áreas académicas y operativas, con amplia experiencia y experticia en las áreas relacionadas con el proyecto en estudio.

Los resultados específicos detallados de la encuesta se pueden observar en el *Apéndice H - Encuesta a expertos para AHP (Resultados Form)*.

### **7.1 Aplicación del AHP al caso de estudio**

Con la primera parte del cuestionario se obtiene una matriz de criterios para definir una ponderación numérica de cada uno de ellos dentro del análisis jerárquico. En la segunda parte de la encuesta se pondera la valoración numérica de las alternativas propuestas desde la perspectiva de cada criterio.

Para el procesamiento de la información obtenida de cada uno de los expertos y análisis multicriterio se utilizó el software *Expert Choice* (Choice, 2021). Se trabajó con la opción multi-experto, donde al final se obtuvieron los resultados combinados para los diferentes juicios de los expertos.

Se efectúa un control en la consistencia de las respuestas, a medida que se introducen los valores para cada una de las matrices y para cada uno de los expertos, con lo cual el software va calculando discrepancias. Con el objetivo de obtener matrices pareadas consistentes, la relación de inconsistencia debe ser inferior o igual a 0.1.

### **7.2 Ponderación entre criterios**

Una vez realizado el procesamiento de la información, cálculos y síntesis en el software, se obtienen los resultados relacionados con la ponderación de los criterios, organizados de mayor a menor peso. En la

Figura 26, se observa que el criterio *costos*, es el de mayor ponderación con 32.6%, argumentando que la implementación del proyecto y su relación con los aspectos económicos de la institución es importante según el punto de vista de la mayoría de los expertos; sin embargo, el criterio *recursos hardware* se encuentra en segundo lugar de importancia con 24.5%, evidenciando su relevancia en la implementación de estrategias de enseñanza mediadas por TIC; seguido se encuentran los criterios *tiempo de implementación*, *recursos software* y *departamentos involucrados* con 20.8%, 13,7% y 8,3% cada uno respectivamente.

Con los resultados obtenidos, se podría indicar que, con la actual situación desde el punto de vista de la tecnología, la globalización y programas computacionales, se cuenta con una variedad de software en el mercado, pero se debe tener en cuenta los recursos económicos para la adquisición de infraestructura, así como el tiempo de implementación, suponiendo que a nivel interno las instituciones cuentan con procedimientos administrativos para que fluyan los procesos interdepartamentales.

**Figura 26.** Ponderación global para los criterios según análisis jerárquico AHP



### 7.3 Ponderación de alternativas

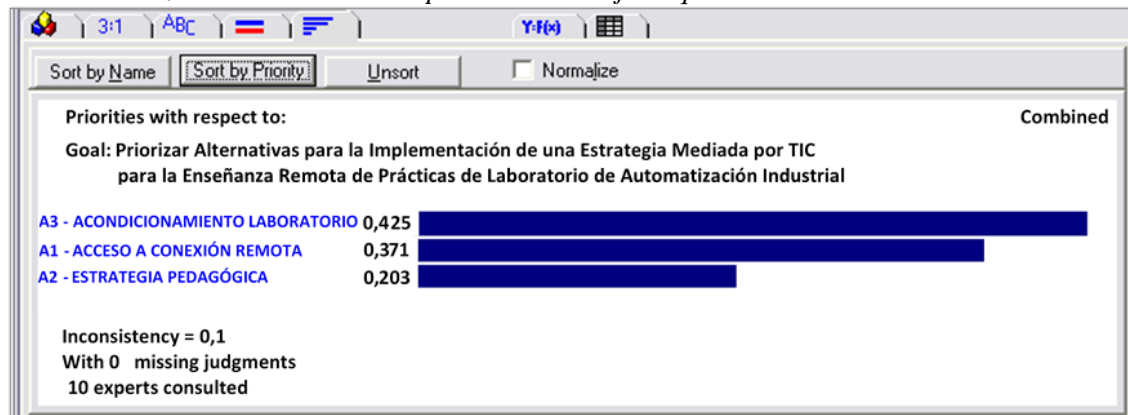
Para la valoración y priorización de las tres alternativas propuestas se tienen ponderaciones en una matriz general relacionada según cada criterio, obteniéndose pesos locales (con respecto a

cada criterio) y pesos globales (con respecto al análisis jerárquico en general). Una vez realizado el procesamiento, cálculos y síntesis en el software, se obtienen los pesos globales asignados a cada una de las alternativas, resultantes de promediar las ponderaciones de cada uno de los decisores con la opción multi-experto del programa Expert Choice.

Se puede observar en la *Figura 27* la valoración de las alternativas propuestas de mayor a menor peso, es decir cómo se encuentran jerarquizadas según su peso global con respecto al objeto de estudio, determinando que la *alternativa A3 acondicionamiento laboratorio*, es la de mayor importancia con 42.5%. Desde la perspectiva de los expertos se considera que invertir en infraestructura tecnológica para disponer de laboratorios en los cuales se puedan realizar las prácticas remotamente o de manera virtual es lo más relevante.

Seguidamente, la *alternativa A1 acceso a conexión remota*, se encuentra en segundo lugar de importancia, con un peso de 37,1%; pudiéndose justificar por la necesidad tener recursos de internet con argumentos técnicos de acuerdo con las necesidades de conexión para la realización de prácticas de laboratorio de manera remota o virtual, permitiendo la comunicación continua y efectiva durante la realización de cada una de las respectivas actividades en el proceso de enseñanza.

Finalmente, la *alternativa A2 estrategia pedagógica*, los expertos la ubican en último lugar de importancia, con un peso de 20.3%, sin desmeritar su relevancia en el proceso educativo bajo el contexto de la implementación de estrategias mediada por TIC para la enseñanza remota de prácticas de laboratorio en ingeniería, lo que se podría suponer como una actividad inherente al proceso de actualización y perfeccionamiento que cada docente debe asumir para enfrentar los retos de la educación en la actualidad.

**Figura 27.** *Priorización de alternativas para el análisis jerárquico AHP*

## 8. Construcción de la matriz de marco lógico

Una vez que se logra priorizar las alternativas de solución (ver capítulos 5. *Identificación de alternativas*, 6. *Evaluación de alternativas* y 7. *Priorización de alternativas*), se procede a establecer una estructura de estrategias a nivel de prefactibilidad, utilizando para tal fin la herramienta de matriz de marco lógico, donde se condensa información clave para la planificación de los proyectos tentativos a implementar (un plan para cada alternativa). En este punto el trabajo se centra en contestar las preguntas: ¿qué se va a hacer? y ¿cómo se va a realizar?, tomando en consideración el orden establecido de los criterios a evaluar, presentado en la *Figura 26*

La *Figura 28* muestra la matriz de marco lógico desarrollada para la alternativa de solución *A3. acondicionamiento laboratorio*, que obtuvo el mayor peso ponderado de evaluación de análisis jerárquico AHP. Por su parte, la *Figura 29* presenta la matriz de marco lógico para la alternativa de solución *A1. acceso a conexión remota*, que se posiciona en el segundo lugar ponderado de evaluación AHP. Finalmente, la *Figura 30* define la matriz de la solución *A2. estrategia pedagógica*, que se ubica en el tercer y último lugar de la evaluación pareada multicriterio AHP.

Cabe resaltar que las presentes matrices de matriz de marco lógico fueron revisadas y avaladas por el decano de la facultad de ingeniería mecatrónica, quien desempeña el rol de Patrocinador dentro del proyecto.

Por su parte, si el lector necesita profundizar la información puede hacer uso del *Apéndice I - Matrices de marco lógico*.

**Figura 28.** *Matriz de marco lógico para la alternativa A3*

Matriz de Marco Lógico para la alternativa A3. Acondicionamiento laboratorio				
Resumen	Elementos claves	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<b>Fin</b>	* Fortalecer estrategias TIC en la enseñanza remota de los laboratorios del área de automatización industrial, a través del uso de las herramientas tecnológicas necesarias para el desarrollo de los espacios académicos.	* Lograr un impacto positivo en los indicadores internos de la facultad de ingeniería mecánica, enfocados a la enseñanza/aprendizaje de los espacios académicos del área de automatización industrial y sus respectivos laboratorios.	* Realizar una evaluación de 360 diseñada por la facultad que permita medir el impacto generado sobre los espacios académicos	* Todos los espacios académicos del área de automatización industrial hacen uso de la estrategia TIC implementada.
<b>Propósito</b>	* Lograr una solución dentro de los espacios académicos del área de automatización industrial que haga un uso efectivo de tecnologías necesarias para el desarrollo de las prácticas de laboratorio.	* Lograr que las tecnologías utilizadas (de hardware y software) fortalezcan los procesos de enseñanza/aprendizaje de los diferentes espacios académicos del área de automatización industrial.	* Cumplir con las competencias de aprendizaje, en los tiempos planificados, mediante el uso de las tecnologías designadas.	* Todos los espacios académicos del área de automatización industrial hacen uso de las herramientas tecnológicas designadas.
<b>Componentes o productos</b>	<p>* Explorar soluciones de elaboración de kits didácticos que puedan ser facilitados en modalidad de préstamo o venta para los estudiantes, lo cual permita un desarrollo práctico desde los hogares de cada interesado.</p> <p>* Explorar soluciones de accesos a los hardwares de la universidad, bajo modalidades de conexión remota, préstamos, virtualización de equipos, laboratorios virtuales o estrategias B-Learning (donde se combina actividades remotas con presenciales).</p> <p>* Explorar soluciones de adquisición de simuladores licenciados, que puedan ser instalados en los equipos personales de los interesados y utilizados durante los encuentros síncronos.</p>	* Presentar y comparar un mínimo de 3 soluciones viables a ser implementadas, con el fin de lograr una evaluación y selección objetiva de la alternativa más viable para la universidad.	* Las soluciones presentadas son comparadas por medio de una matriz de selección multicriterio, permitiendo una evaluación objetiva entre las diferentes alternativas de solución planteadas.	<p>* Se deben tener claras las políticas de préstamos, devoluciones y/o ventas de equipos, software o kits, así como el cobro de multas que haya lugar.</p> <p>* En el caso de considerarse ventas de kits, se debe trabajar en pro de asegurar bajos costos y facilidades de pago, para que todos los estudiantes puedan adquirirlo sin problema y de esta forma sean capaces de desarrollar las prácticas en igualdad de condiciones a los demás compañeros de aula.</p> <p>* Los departamentos involucrados presentan soluciones de implementación durante las reuniones y estas son evaluadas de forma participativa por parte de los demás integrantes, a fin de lograr una selección adecuada basada en varios puntos de vista.</p>
<b>Actividades</b>	<p>* Buscar apoyo de las TIC, los laboratoristas y las autoridades de la universidad, quienes serán los expertos internos que apoyarán los procesos de definición, formulación, configuración e implementación de la solución a poner en marcha.</p> <p>* Trabajar de forma conjunta y aunando esfuerzos con los diferentes docentes de la facultad de ingeniería mecánica del área de automatización industrial, quienes serán los expertos metodológicos y usuarios finales de la solución a implementar.</p> <p>* Contar con proveedores especializados en software, hardware y/o simuladores, que garanticen soluciones de enseñanza-aprendizaje efectivas de forma remota para los diferentes espacios académicos.</p>	* Número de reuniones efectivas con las unidades de apoyo requeridas (TIC, laboratoristas, autoridades, docentes y proveedores), dónde se traten temas relacionados con el fortalecimiento de estrategias TIC en la enseñanza remota de las prácticas de laboratorio del área de automatización industrial para la facultad de ing. Mecatrónica.	* Durante las reuniones se deben definir objetivos de trabajo claros y se deben designar actividades específicas a recursos humanos claves dentro de la institución, quienes serán los encargados de la definición, formulación, configuración e implementación de la solución.	* El recurso humano involucrado en las fases de definición, formulación, configuración e implementación, cuenta con horas nómina para el desarrollo de estas actividades.

Nota: el sombreado azul oscuro hace referencia al título principal, mientras que los sombreados azules identifican los títulos de cada columna y fila en el diagrama.

**Figura 29. Matriz de marco lógico para la alternativa A1**

Matriz de Marco Lógico para la alternativa A1. Acceso a conexión remota				
Resumen	Elementos claves	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<b>Fin</b>	* Fortalecer estrategias TIC en la enseñanza remota de los laboratorios del área de automatización industrial, a través del uso de las herramientas tecnológicas necesarias para el desarrollo de los espacios académicos.	* Lograr un impacto positivo en los indicadores internos de la facultad de ingeniería mecánica, enfocados a la enseñanza/aprendizaje de los espacios académicos del área de automatización industrial y sus respectivos laboratorios.	* Realizar una evaluación de 360 diseñada por la facultad que permita medir el impacto generado sobre los espacios académicos	* Todos los espacios académicos del área de automatización industrial hacen uso de la estrategia TIC implementada.
<b>Propósito</b>	* Lograr conexiones remotas y virtualizadas para la enseñanza de los espacios académicos del área de automatización industrial, utilizando para tal fin los recursos actuales con los que se cuentan en la institución, como son las diferentes unidades de apoyo (o departamentos administrativos); y los dispositivos de hardware y software de las instalaciones.	* Lograr que la solución no requiera inversiones de hardware y software por parte de la institución o la inversión requerida sea baja en comparación con otras estrategias de enseñanza (presencial y/o remota) implementadas con anterioridad por parte de la facultad de ing. mecánica. Adicionalmente, no se debe requerir personal externo a la institución. * Lograr conexiones remotas y virtualizadas entre los dispositivos de computo de los docentes y estudiantes, con el hardware/software ya existente de los laboratorios de automatización industrial.	* La solución es económica frente a otras estrategias similares que se hayan implementado en la facultad años atrás (antes o durante el 2019). * Los espacios académicos desarrollan las competencias de aprendizajes requeridas en los tiempos planificados, haciendo uso de las soluciones de conexión remotas y virtualizadas implementadas.	* Los estudiantes y docentes cuentan con condiciones mínimas de hardware, software y calidad de internet en sus equipos de computo personal para lograr una conexión remota que permita el desarrollo de las prácticas en los espacios académicos.
<b>Componentes o productos</b>	* Explorar soluciones de conexiones remotas y virtualizadas con los dispositivos de laboratorio con los que ya se cuentan en las instalaciones de la universidad, revisando qué tipos de plataformas se pueden utilizar, cuáles protocolos de comunicación son los más convenientes y qué tipo de seguridad informática es requerida para la solución.	* Presentar y comparar un mínimo de 3 soluciones viables a ser implementadas, con el fin de lograr una evaluación y selección objetiva de la alternativa más viable para la universidad.	* Las soluciones presentadas son comparadas por medio de una matriz de selección multicriterio, permitiendo una evaluación objetiva entre las diferentes alternativas de solución planteadas.	* Los departamentos involucrados presentan soluciones de implementación durante las reuniones y estas son evaluadas de forma participativa por parte de los demás integrantes, a fin de lograr una selección adecuada basada en varios puntos de vista.
<b>Actividades</b>	* Buscar apoyo de las TIC y los laboratoristas de la universidad, quienes serán los expertos internos que apoyarán los procesos de definición, formulación, configuración e implementación de la solución a poner en marcha. * Trabajar de forma conjunta y aunando esfuerzos con los diferentes docentes de la facultad de ingeniería mecánica del área de automatización industrial, quienes serán los expertos metodológicos y usuarios finales de la solución a implementar.	* Número de reuniones efectivas con las unidades de apoyo requeridas (TIC, laboratoristas y docentes), dónde se traten temas relacionados con el fortalecimiento de estrategias TIC en la enseñanza remota de las prácticas de laboratorio del área de automatización industrial para la facultad de ing. Mecatrónica.	* Durante las reuniones se deben definir objetivos de trabajo claros y se deben designar actividades específicas a recursos humanos claves dentro de la institución, quienes serán los encargados de la definición, formulación, configuración e implementación de la solución.	* El recurso humano involucrado en las fases de definición, formulación, configuración e implementación, cuenta con horas nómina para el desarrollo de estas actividades.

Nota: el sombreado verde oscuro hace referencia al título principal, mientras que los sombreados verdes identifican los títulos de cada columna y fila en el diagrama.

**Figura 30.** Matriz de marco lógico para la alternativa A2

Matriz de Marco Lógico para la alternativa A2. Estrategia pedagógica				
Resumen	Elementos claves	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<b>Fin</b>	* Fortalecer estrategias TIC en la enseñanza remota de los laboratorios del área de automatización industrial.	* Lograr un impacto positivo en los indicadores internos de la facultad de ingeniería mecatrónica, enfocados a la enseñanza/aprendizaje de los espacios académicos del área de automatización industrial y sus respectivos laboratorios.	* Realizar una evaluación de 360 diseñada por la facultad que permita medir el impacto generado sobre los espacios académicos	* Todos los espacios académicos del área de automatización industrial hacen uso de la estrategia TIC implementada.
<b>Propósito</b>	* Lograr planes de estudio (syllabus) con competencias efectivas que permitan abordar la teoría y las prácticas de ingeniería, a través de la educación remota sincrónica y asincrónica.	* Lograr un aprendizaje significativo en los estudiantes que ven cada uno de los laboratorios del área de automatización industrial.	* Realizar una evaluación de 360 diseñada por la facultad que permita medir el impacto generado sobre los estudiantes	* Todos los actores educativos involucrados participan de manera oportuna, objetiva y crítica.
<b>Componentes o productos</b>	* Elaborar planes de estudio (Syllabus) que implementen de forma adecuada estrategias de educación remota en los espacios que cuentan con un componente amplio de prácticas de laboratorio, específicamente en el área de automatización industrial.  * Reconocer la labor docente por parte de la facultad y de la institución, a aquellos profesores innovadores en prácticas novedosas de enseñanza remota.	* Lograr incorporar la complejidad académica en los planes de estudio, con el propósito de volverlos sencillos de ejecutar pero que generen un gran impacto educativo para los estudiantes.  * Lograr ser referencia nacional e internacional en la implementación de prácticas de enseñanzas novedosas enfocadas al desarrollo de laboratorios de ingeniería de forma remota.	* Realizar una evaluación de 360 diseñada por la facultad que permita medir el impacto generado por los docentes	* Todos los actores participan de manera oportuna, objetiva y crítica.
<b>Actividades</b>	* Designar tiempos adecuados para la preparación, seguimiento y acompañamiento de los planes de clase y estrategias pedagógicas que serán implementadas en cada uno de los espacios académicos.  * Otorgar incentivos y reconocimientos para aquellos docentes que diseñan e implementan estrategias didácticas de enseñanza, enfocada a las prácticas de laboratorios en la facultad de ing. mecatrónica.  * Diseñar estrategias encaminadas a mejorar el pensamiento crítico sobre los estudiantes, garantizando perfiles más ingenieriles que operativos, lo cual reduce la necesidad de prácticas técnicas específicas.	* Garantizar horas de trabajo en nómina que sean adecuadas para que los docentes puedan dedicarse a la preparación, seguimiento y acompañamiento de los planes de clase y estrategias pedagógicas.  * Socializar los lineamientos del estatuto docente enfocados al reconocimiento e incentivos en el diseño e implementación de las estrategias didácticas de enseñanza y los beneficios de estas.	* Existen funciones específicas con horas definidas para cada docente, encaminadas a la preparación, seguimiento y acompañamiento de los planes de clase y estrategias pedagógicas	* Deben existir y permanecer los incentivos otorgados para la elaboración de material docente enfocado a estrategias remotas. En el actual estatuto docente 2020 se premian a aquellos profesores innovadores con puntos que ayudan a la recategorización de escalafón dentro de la universidad.  * Se deben contar con tiempos específicos para la creación de estos planes pedagógicos, garantizando que los docentes puedan cumplir sus obligaciones dentro de las jornadas laborales y cuenten con espacios personales, de ocio y de familia por fuera de la institución, evitando así sobre esfuerzos en los recursos humanos. Una forma que se puede considerar viable es la asignación de tiempos intersemestrales para estos propósitos.

Nota: el sombreado naranja oscuro hace referencia al título principal, mientras que los sombreados naranjas identifican los títulos de cada columna y fila en el diagrama.

Un aspecto importante por destacar en la presente metodología de marco lógico es el concepto de estructura analítica. Dicha estructura se puede comprender leyendo la primera columna (columna 1 del lado izquierdo) de cada una de las matrices presentadas con anterioridad. Esta estructura se organiza de forma ascendente y agrupa lógicamente los pasos necesarios para desarrollar el proyecto. De abajo hacia arriba tenemos, una lista de actividades por desarrollar para lograr diversos componentes o productos dentro del proyecto; cada componente suma al propósito del desarrollo; y, por último, el propósito dirige estratégicamente los esfuerzos hacia un fin e impacto específico para la institución.

Por otra parte, cada fila (verticales) de las matrices de marco revelan detalles que ayudan a especificar procesos de la gestión de la calidad, como son los indicadores de medición de cada nivel, los medios de verificación de estos indicadores y los supuestos que se pueden presentar durante la ejecución.

### **9. Recursos humanos, materiales y económicos**

Los capítulos *9. Recursos humanos, materiales y económicos*, *10. Cronograma*, *11. Difusión y comunicación* y *12. Método mediante el cual se realizará la evaluación de los resultados de la implementación*, se reservan para otorgar detalle a la solución de mayor priorización del análisis AHP, presentada en la matriz de marco lógico de la *Figura 28*. Este detalle permite que el plan de dirección evolucione desde un nivel de prefactibilidad, hasta lograr la identificación de la factibilidad de implementación del desarrollo si se lleva a cabo. Los puntos clave especificados en este nivel son: un cronograma tentativo, los recursos claves para lograr la propuesta, la gestión de las comunicaciones y la forma de cómo se evaluarán los resultados después de llevarse a cabo la ejecución.

Cabe aclarar que todo lo anterior se analizará teniendo en cuenta los requisitos específicos de las convocatorias internas de la USTA, tomando como base los pliegos definidos en FODEIN 2021 (Universidad Santo Tomás, 2021) y el visto bueno por parte del decano de la facultad de ingeniería mecatrónica, quien recordemos es el patrocinador del proyecto.

A continuación, se detallan los recursos claves para lograr la propuesta de la alternativa priorizada A3.  *acondicionamiento laboratorio*. Estos recursos se presentan por medio de dos diagramas, la *Figura 31* presenta el recurso humano involucrado, mientras que la *Figura 32* especifica los materiales necesarios.

Por su parte, si el lector necesita profundizar la información puede hacer uso del *Apéndice J - Detalle de la solución*.

**Figura 31.** Listado de recursos humanos necesarios

Recurso humano:	
Recurso	Dedicación en la semana
<b>1. Requerido para convocatoria FODEIN</b>	
1.1 Investigador principal	12h
1.2 Co-Investigador	6h
1.3 Aliado externo	6h
1.4 Proveedores externos	2h (Planificación) 20h (Implementación)
<b>2. Personal USTA</b>	
2.1 Coordinador de laboratorios	2h
2.1.1 Laboratoristas (x3)	4h (C/uno)
2.2 Director TIC	2h
2.2.1 Personal TIC (x3)	4h (C/uno)
2.3 Asistente de compras y adquisiciones	2h
2.4 Facultad de ing. Mecatrónica	
2.4.1 Decano	2h
2.4.2 Secretaria	2h
2.4.3 Docentes del área de automatización (x7)	2h (C/uno)

Nota: el sombreado azul oscuro hace referencia al título principal del diagrama y el título de cada columna, los sombreados azules presentan agrupaciones dentro de la tabla y los sombreados intercalados de azul claro y blanco permiten visualizar cada línea de la tabla de forma fácil.

**Figura 32.** Listado de materiales necesarios

Recurso materiales	
Recurso	Rubros
1. Servicios técnicos	\$ -
2. Equipos	\$ 245.000.000
3. Materiales de diseño e insumos	\$ 80.000.000
4. Software	\$ 102.750.000
4. Fotocopias y papelería	\$ -
5. Recursos bibliográficos	\$ -
6. Auxilio de transporte	\$ -
7. Salidas de campo	\$ -
8. Movilidad	\$ 10.000.000
9. Publicaciones	\$ 20.000.000
<b>TOTAL =</b>	<b>\$ 457.750.000</b>

Nota: el sombreado azul oscuro hace referencia al título principal del diagrama y el título de cada columna, mientras que el sombreado azul muestra el costo total identificado para el proyecto. Por su parte, vale aclarar que no se incluyen valores asociados al mobiliario ni adecuaciones de planta física.

### 10. Cronograma

Continuando con lo mencionado en el capítulo 9. *Recursos humanos, materiales y económicos*, en el presente apartado se detalla el cronograma tentativo para la solución de la alternativa priorizada A3.  *acondicionamiento laboratorio*. Es así como la *Figura 33* presenta un cronograma Gantt de las fases claves necesarias para llevar a cabo la solución.

**Figura 33.** Cronograma de trabajo

Fases	Mes												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Reuniones de definición	■												
2. Reuniones de formulación	■												
3. Exploración de soluciones		■											
4. Selección de solución		■	■										
5. Implementación de solución				■	■	■	■	■	■				
6. Estabilización y correcciones									■	■			
7. Entrega de resultados											■	■	■

Nota: el sombreado azul oscuro hace referencia al título principal del diagrama y el título de cada columna, el sombreado azul permite resaltar cada fase del proyecto, mientras que el sombreado azul celeste muestra el momento definido en el diagrama Gantt donde se hará cada fase.

## 11. Difusión y comunicación

Continuando con lo mencionado en el capítulo 9. *Recursos humanos, materiales y económicos*, en el presente apartado se detalla la gestión de las comunicaciones de la alternativa priorizada A3.  *acondicionamiento laboratorio*.

Durante la ejecución del proyecto se debe lograr una comunicación constante y efectiva entre los líderes del proyecto, el decano de la facultad de ingeniería mecatrónica, los docentes del área de automatización, el personal de laboratorios de ingeniería (director y laboratoristas), el personal de TIC (director y técnicos), el asistente de compras/adquisiciones, el aliado externo (a nivel de proyecto de investigación FODEIN), los proveedores externos y cualquier otro departamento que sea requerido en su momento. Dicha comunicación se hace crítica durante los primeros meses donde se define, formula, explora y selecciona la solución ideal a llevar a cabo basada en la alternativa seleccionada en el presente proyecto, denominada A3.  *acondicionamiento laboratorio*.

Para lograr la comunicación anterior entre este gran número de partes interesadas, se sugiere realizar una reunión semanal de 2h, desde la cual se definen objetivos y compromisos a cumplir durante la semana en curso, para ser evaluados en la siguiente reunión.

Otro punto importante dentro de las comunicaciones y la difusión tiene que ver con la visibilidad nacional e internacional de la facultad frente a otras universidades y empresas del sector. Debido a que la inversión en tiempo y recursos es importante; y adicionalmente el proyecto cumple un objetivo estratégico valioso para la institución, se hace necesario contar con un contacto estrecho con el sector externo. Dicho relacionamiento cuenta con una prospectiva de trabajo conjunto a través de las siguientes estrategias avaladas por la universidad Santo Tomás y respaldadas por Minciencias (ministerio de ciencia tecnología e innovación de Colombia): centro

de desarrollo tecnológico (CDT), centro de consultoría empresarial (CCE), ofertas de educación continua, cursos a la medida, desarrollo de proyectos de investigación conjunta de forma remota. Todas ellas apoyadas en la solución propuesta en el presente documento.

## **12. Método mediante el cual se realizará la evaluación de los resultados de la implementación**

Continuando con lo mencionado en el capítulo 9. *Recursos humanos, materiales y económicos*, en el presente apartado se detalla la forma como se evaluarán los resultados después de llevarse a cabo la ejecución de la alternativa priorizada A3.  *acondicionamiento laboratorio*.

El impacto general del proyecto se medirá después de un año de la puesta en marcha, teniendo en cuenta los indicadores internos de la facultad de ingeniería mecatrónica, que estarán alineados con las políticas de calidad de la universidad, el plan de desarrollo seccional y el plan integral multicampus. La implementación estará sustentada de igual forma por la experiencia de los docentes y la retroalimentación de parte de los estudiantes de la facultad, quienes ambos serán los usuarios finales de la solución implementada. Los indicadores medidos deberán contar con un incremento del antes y el después de la ejecución del proyecto, definido en la matriz de marco lógico presentada en la *Figura 28*. Finalmente, es importante tener en cuenta que los resultados se presentarán en el comité curricular particular de la facultad de ingeniería mecatrónica, la unidad de responsabilidad social de la seccional Bucaramanga y el departamento de planta física, con el propósito de revisar la pertinencia de la estrategia TIC ejecutada.

Si por alguna razón los resultados no son los esperados, es adecuado realizar un proceso de mejora continua; revisando las lecciones aprendidas, los puntos por mejorar y hacer los ajustes pertinentes para futuras implementaciones, las cuales se sugieren que sean medidas de forma semestral.

### 13. Comentarios finales

La búsqueda de alternativas novedosas de educación medidas por TIC para la enseñanza de prácticas de laboratorio es pertinente a nivel del área de automatización industrial, así como también en otros espacios de la facultad, como son las áreas de circuitos, electrónica; y control y robótica. De igual forma, la futura implementación de la alternativa priorizada será un apoyo para las siguientes estrategias: centro de desarrollo tecnológico (CDT), centro de consultoría empresarial (CCE), ofertas de educación continua, cursos a la medida y desarrollo de proyectos de investigación conjunta; las cuales hacen parte de la prospectiva institucional definida por la facultad de ingeniería mecatrónica. Todo lo anterior demuestra la oportunidad de mejora que se logrará con los resultados del proyecto.

De acuerdo con la recopilación bibliográfica realizada podemos decir que, dentro de las estrategias TIC más destacadas para implementar a nivel de prácticas de laboratorio en ingeniería se encuentran: el B-Learning, el e-Learning, las clases virtuales y las clases remotas. Todas ellas hacen parte de iniciativas de educación remota y a distancia, apoyadas en el uso de tecnologías como son el internet, el software especializado y el hardware específico. Por ende, siempre se debe tener en cuenta las condiciones sociopolíticas y económicas de las partes involucradas para garantizar un proceso de aprendizaje equitativo para todos.

Por otra parte, se encuentra relevante la identificación detallada de interesados, el dialogo constante con cada uno de los afectados del proyecto y el apoyo en juicio de expertos pertinentes a los temas de interés tratados, con el fin de efectuar un análisis adecuado de la problemática basado en el *árbol de problema* y posteriormente la creación del *árbol de objetivos*, ambos definidos en la metodología de marco lógico. Lo anterior fue posible gracias a la elaboración de plantillas, encuestas, preguntas abiertas, diálogos personalizados, conversaciones grupales, un

análisis de prioridad/urgencias por medio de matrices de poder vs interés y poder vs influencia, técnica de decisión multicriterio AHP y una retroalimentación constante por parte del patrocinador. Este conjunto de elementos mencionados con anterioridad no solo permitió definir alternativas de solución sino priorizarlas de una forma adecuada. Lo anterior también fue posible gracias a la experiencia de los autores y el uso de herramientas y técnicas sugeridas por el estándar PMI.

Finalmente, se considera importante el desarrollo individual de las matrices de marco lógico para cada una de las alternativas analizadas y priorizadas, pues esto permite observar los objetivos claves del desarrollo de cada una de las soluciones planteadas, junto con indicadores claves de medición calidad, lo cual facilita la toma de decisiones por parte del Patrocinador y la alta dirección institucional. Por su parte, también se encuentra valioso generar detalles a la opción priorizada, implementando para tal fin un cronograma tentativo, la estimación de los recursos claves para lograr la propuesta, el desarrollo de una gestión de las comunicaciones y la definición del cómo se evaluarán los resultados después de llevarse a cabo la ejecución.

### Referencias

- Arvind Jayant, M. (2015). Use of Analytic Hierarchy Process (AHP) to Select Welding Process in High Pressure Vessel Manufacturing Environment. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(8), 5869-5884.
- Baeza, J. P., Candelas Herías, F. A., García Gómez, G. J., Gil Vázquez, P., Jara Bravo, C. A., Puente Méndez, S. T., . . . Pérez Alepuz, J. (2014). Metodología docente para la incorporación de laboratorios virtuales en el plan de estudios del master universitario en automática y robótica. *XII Jornadas de redes de investigación en docencia universitaria*.
- Beltrán, H. (2018). *Capítulo 1. Introducción a la gerencia de proyectos*. Universidad Santo Tomás (Ed.). *Maestría en dirección y gestión de proyectos - Módulo de Formulación y evaluación de proyectos*. Colombia.
- Bucero, A. (2012). *La dirección de proyectos - Una nueva visión*. Diaz Santos.
- Burbano, A. (2015). *Videojuegos y cultura - EGAMES - Universidad de los andes*. Bogotá: Los Andes.
- Calderón, G. A., & Marín, V. J. (2011). Modelo de Gestión Integral de Tic en Procesos de Producción de Educación Virtual. *Universidad ICESI, Trabajo de Grado Maestría en Gestión de Informática y Telecomunicaciones*.
- CENIT. (2020, 02 01). Retrieved from <https://www.cenit.com/>
- Cepal, N. (2020). La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*, 1-20.
- Choice, E. (2021, agosto 27). *Expert Choice*. Retrieved from <https://www.expertchoice.com>
- Comité Curricular - Facultad de ingeniería Mecatrónica. (2020). *Informe final de semestre, área de automatización*. Bucaramanga: USTA.
- Contreras Mendieta, J., Sarango Lapo, C. P., Jara Roa, D. I., & Agila Palacios, M. V. (2019). Implementación de un Laboratorio Remoto (LR), como recurso de apoyo en un sistema de

- Educación a Distancia. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, E17, 923-935.
- Contreras, R. S., & Eguia, J. L. (2016). *Gamificación en aulas universitarias*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Di Giamberardino, P., & Temperini, M. (2017). Adaptive access to robotic learning experiences in a remote laboratory setting. Popescu, D., Şendrescu, D., Roman, M., Popescu, E. y Bărbulescu. *L.18th International Carpathian Control Conference (ICCC)*.
- DIN (Deutsches Institut für Normung). (2009). *DIN 69901*.
- FESTO. (2020). *Digital Festo Mechatronics Game*.
- Galenaó Ramírez, Z. A. (2021). *Chévere trabajar en casa: Proyecto enfocado a mitigar el estrés laboral de los colaboradores de CondorLabs - Una empresa de servicios y tecnologías de la información*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- García, A., Gutiérrez, J., & Urbina, N. (2016). Guía práctica de marco lógico. Sennova – Sistema de investigación, desarrollo tecnológico e innovación. *Centro de productividad y competitividad*.
- Gómez Ruedas, J. (2016). *Dirección y gestión de proyectos de tecnologías de la información en la empresa*. Madrid - España: FC Editorial - Fundación Confemetal.
- Grisolio, M., Zanetti, P., Bellotti, M. A., & Castiñeiras, J. (2018). Laboratorios Remotos para Prácticas de Ingeniería en Carreras de Grado. *La Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI)*, 56–66.
- Hao C, Z. A. (2021). Sistema de información experimental basado en un laboratorio virtual en línea. *Internet del futuro No. 13*. <https://doi.org/10.3390/fi13020027>, 12-27.
- Hernández, H. J., & Diaz, P. P. (2020). *Apuntes de clase. Seminario II. Generalidades del Marco Lógico. Maestría en Dirección y Gestión de Proyectos*. Bucaramanga: Bucaramanga, Colombia.
- Innpulsa Colombia. (2017). Guía para la formulación de proyectos bajo el enfoque de marco lógico. Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico. *Swisscontact*.

- Innpulsa Colombia. (2019). *Centros de Transformación Digital Empresarial - Modelo de madurez para la transformación digital - MMTD*. Bogotá: MinTIC.
- ISO (Organización internacional de normalización). (2017). *ISO 10006 - Gestión de la calidad - Directrices para la gestión de la calidad de proyectos*.
- Jiménez, C. I. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista mexicana de investigación educativa, RMIE Vol.19 No62*.
- Loiaza Galindo, M. y. (2019). *Modelo de gestión del diseño instruccional estratégico para la educación virtual*. Bogotá: Trabajo de Grado Maestría UNAD.
- López, M. C., & Montalvo, S. D. (2014). La Gestión de Proyectos de Innovación Educativa Basados en el Aprendizaje Cooperativo. *Revista Ibero-Americana de Estudios en Educación*, 112-119. doi:ISSN-e 1982-5587
- Lorandi Medina, et ál. (2011). Los Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Ingeniería M.I. *AcademiaJournals.com Volumen 4*.
- M. Kumar, J. E. ( 2018). Análisis de usabilidad de laboratorios virtuales. *18a Conferencia Internacional IEEE sobre Tecnologías de Aprendizaje Avanzadas (ICALT)* (pp. 238-240). Mumbai, India: doi: 10.1109 / ICALT.2018.00061.
- Marquez Diaz, M. (2019). Capítulo1 - Introducción a la dirección y gestión de proyectos. In *Maestría en dirección y gestión de proyectos*. Bucaramanga: USTA.
- Marquéz, M. (2019). *Presentación sobre formulación de proyectos bajo la metodología del marco lógico - MML*. Colombia: Universidad Santo Tomás.
- Matarrita, C. A., Elizondo, F. U., & Villalobos, M. C. (2016). Laboratorios remotos: Herramientas para fomentar el aprendizaje experimental de la Física en educación a distancia. 2-6.
- Meredith, R. J., & Mantel, J. S. (2006). *Project Management: A Managerial Approach* (Vol. Sexta Edición). USA. doi:ISBN-13: 978-0471715375. ISBN-10: 0471715379
- Ministerio de educación. (2017). *Educación virtual o educación en línea*. Gobierno de Colombia: MinEducación.
- Ministerio de las TIC. (2019). *Modelo de Madurez de Ciudades y Territorios*. Bogotá: MinTIC.

- Ministerio de las TIC. (2021, 12 1). *MinTIC promueve modelo y certificación CMMI para empresas de la Industria TI del país*. Retrieved from <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/6024:MinTIC-promueve-modelo-y-certificacion-CMMI-para-empresas-de-la-Industria-TI-del-pais>
- Mohanty, R. P., & Deshmukh, S. G. (1993). *Use of analytic hierarchic process for evaluating sources of suppl.* Int J Phys Distribution Logist Manage.
- Moreno Crespo, W., & Paredes Salazar, N. T. (2015). La gestión de las TIC y la calidad de la educación, medida por los resultados de las evaluaciones escolares estandarizadas. *Revista Libre Empresa*, 137-163. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.18041/libemp.v23n1.23107>
- Ortegon, E., Pacheco, J. F., & Prieto, A. (2015). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe de la Organización d. Santiago de Chile. doi:ISBN: 92-1-322719-1
- Pérez Pinal, F., Nava, S., Araujo Vargas, I., Vera Cárdenas, E., & Barranco Gutierrez, A. (2016). Experimental B-Learning Laboratory for an Electrical Machines Undergraduate Course. *IEEE Latin America Transactions*, 524-529.
- PMI (Project Management Institute). (2017). *PMBOK (Project Managment Body Of Knowledge) - 6ta edición*. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Ramírez Varón, C. A. (2018). *Propuesta de guía metodológica para la gestión de proyectos en la dirección de desarrollo de industria TI del Ministerio TIC*. Bogotá: Trabajo de Grado de Maestría Universidad Externado de Colombia.
- Rangel Heras, P. (2011). *Modelo metodológico para la formulación de proyectos de inversión sostenibles enfocado a PyMES de México*. Zaragoza - México: Instituto tecnológico de estudios superiores de Monterrey.
- RealGames. (2020, 02 01). *FactoryIO*. Retrieved from <https://factoryio.com/>
- Ruano, I., Gámez, J., Dormido, S., & Gómez, J. (2016). A methodology to obtain learning effective laboratories with learning management system integration. *IEEE(9(4))*, 391-399.

- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process. Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. Mc Graw Hill.
- Saaty, T. L. (2000). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory - 1st edition* . RWS Publications.
- Santana Ching, I., & Hernández Santana, L. (2011). Experiencias del uso de laboratorios remotos en la enseñanza de la automática. *Electrónica de ADA Vol.5(4)*, 320-329.
- Schneider electric. (2019). *Soluciones Digitales para la Industria*.
- Siemens. (2020, 02 01). Retrieved from <https://www.siemens.com/global/en.html>
- Universidad EAFIT - Consultorio contable. (2019). *COBIT: Modelo para Auditoría y Control de Sistemas de Información*. Colombia: EAFIT.
- Universidad Santo Tomás . (2016). *Plan integral multicampus - PIM 2016-2027*. Colombia: USTA.
- Universidad Santo Tomás. (2016). Plan general de desarrollo 2016 - 2019. Bogotá: USTA.
- Universidad Santo Tomás. (2021). *I convocatoria para el fomento de la investigación, la innovación y la creación tomasina*. Colombia (Multicampus): USTA.
- Ushakov, Y., Shukhman, A., & Legashev, L. (2017). Virtual cloud network laboratory based on IaaS for university IT education. *IEEE*, 906-909.
- V. Potkonjak, M. G. (2016). Laboratorios virtuales para la educación en ciencia, tecnología e ingeniería: una revisión. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131516300227>, vol. 95, no. 02, pags. 309-327.
- Wenshan H., Z. L.-P. (2017). Laboratorio interactivo tridimensional basado en web sin plug-in para la educación en ingeniería de control. *IEEE Transactions on Industrial Electronics* , vol. 64, no. 5. doi: 10.1109 / TIE.2016.2645141., 3808-3818.
- Wuttke, H., Hamann, M., & K, H. (2015). Integration of Remote and Virtual Laboratories in the Educational Process. *12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*.

- Yuxin L., G.-P. L. (2018). Diseño de equipos virtuales a gran escala para laboratorios de sistemas de control HIL interactivos. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 11, no. 3. doi: 10.1109 / TLT.2017.2731772., 376-388.
- Zabala Vargas, S. A. (2018). Metodología PMI. En Módulo Seminario I Maestría en dirección y gestión de proyectos. In U. S. Tomás. Bucaramanga, Colombia.
- Zaldívar-Colado, A. (2019). Laboratorios reales versus laboratorios virtuales en las carreras de ciencias de la computación. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, vol. 10, núm. 18. <https://doi.org/10.33010/ierierediech.v10i18.454>, 9-22.
- Zamora Musa, R. (2012). Laboratorios Remotos: Actualidad y Tendencias Futuras. *Scientia et Technica Año XVII, No 51*.
- Zorro Galindo, E. (2019). *Modelos de madurez digital en pymes - Caso de estudio de una pyme de telecomunicaciones de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.