

**MODERNIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS LABORATORIOS DE
PRÁCTICAS DE LA ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y
EMPRESARIALES DE LA UIS**



CLAUDIA NELLY GONZALES PARDO



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2005**

**MODERNIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS LABORATORIOS DE
PRÁCTICAS DE LA ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y
EMPRESARIALES DE LA UIS**



CLAUDIA NELLY GONZALES PARDO

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniera Industrial**

**Director
Néstor Raúl Ortíz Pimiento
Ingeniero Industrial UIS**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

A Dios todopoderoso, por la fortuna de gozar de su amor y sus bondades. A mis padres y hermana, por su apoyo incondicional y su voto de confianza.

CONTENIDO

	pág.
1. ANTECEDENTES	15
1.1 TITULO DEL PROYECTO	15
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.3 LA FUNCIÓN DE LA UNIVERSIDAD EN LA FORMACIÓN DEL INGENIERO INDUSTRIAL.....	16
1.4 LABORATORIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS	17
1.5 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD I.....	18
1.6 LABORATORIO DE DISEÑO DEL PLANTAS.....	18
1.7 LOS LABORATORIOS HASTA EL HOY EN LA ESCUELA	19
1.7.1 Historia del laboratorio de Métodos y Tiempos.. ..	19
1.7.2 Historia del laboratorio de Control de Calidad I.	20
1.7.3 Historia del laboratorio de Diseño de Plantas.. ..	22
1.7.4 Conclusión.....	23
2. ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	24
2.1 EL PROYECTO APROBADO POR LA OFICINA DE PLANEACIÓN	24
2.2 PLAN DE TRABAJO DEL PROYECTO DE GRADO.....	26
2.3 DIAGNÓSTICO DEL LABORATORIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS.....	27

2.4	DIAGNÓSTICO DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD I.....	30
2.5	DIAGNOSTICO DEL LABORATORIO DE DISEÑO DE PLANTAS.....	33
3.	DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO	36
3.1	DEFINICION DE LAS NECESIDADES.....	36
3.2	PUESTA EN MARCHA DE LAS PROPUESTAS.....	37
3.3	GESTIÓN PARA LA ADECUACIÓN DEL ESPACIO FÍSICO.....	37
3.4	GESTION PARA LA ADQUISICIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN	45
3.5	PROCESO DE MEJORAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DEL LABORATORIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS.....	46
3.5.1	Estudio de tiempos por cronómetro: Valoración.	49
3.5.2	Estudio de tiempos por cronómetro: Estimación.....	55
3.5.3	Primer previo	60
3.5.4	Estudio de métodos de trabajo: Diagrama de Operaciones	62
3.5.5	Estudio de métodos de trabajo: Diagrama de recorrido	65
3.5.6	Estudio de métodos de trabajo: Diagrama Bimanual.....	68
3.5.7	Segundo previo	71
3.5.8	Producción justo a tiempo: Sistemas Kanban.....	73
3.5.9	Teoría de Restricciones: Eventos dependientes y fluctuaciones estadísticas	75
3.5.10	Levantamiento de los manuales.....	76

3.5.11	Medida del impacto de la nueva metodología	78
3.6	PROCESO DE MEJORAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD I	79
3.6.1	Temática para los laboratorios.....	79
3.6.2	Primera práctica: Muestreo de Aceptación	80
3.6.3	Segunda Práctica: fuentes de error en el registro de datos	82
3.6.4	Tercera práctica: Control estadístico de procesos: gráficos de control	83
3.6.5	Cuarta práctica: Confiabilidad de productos.....	88
3.6.6	Quinta práctica: Desarrollo de productos:	89
3.6.7	Levantamiento de los manuales.....	90
3.7	PROCESO DE MEJORAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DEL LABORATORIO DE DISEÑO DE PLANTAS.....	91
3.7.1	Localización de plantas: Métodos cuantitativos	92
3.7.2	Levantamiento de planos.....	95
3.7.3	Distribución de planta	97
3.7.4	Valoración Ergonómica	98
3.7.5	Levantamiento de los manuales.....	99
	CONCLUSIONES	100
	RECOMENDACIONES	102
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1: Aula actual para el desarrollo de las prácticas.....	30
Figura 2: Arreglos primarios al salón	44
Figura 3: Nuevo laboratorio de prácticas	44
Figura 4: Vista de un registro de datos.....	50
Figura 5: Realización de los cálculos y diagramas de dispersión.....	51
Figura 6: Entorno de entrada al software	51
Figura 7: Ventana de acceso a la práctica de valoración de tiempos	52
Figura 8: Pantalla de la primera parte de la práctica	53
Figura 9: Presentación de los Resultados de valoración de tiempos	53
Figura 10: Pantalla para reproducción del video y definición de elemento.....	57
Figura 11: Pantalla para el registro de los datos	57
Figura 12: Presentación de los Resultados.....	58
Figura 13: Informe de la primera práctica de tiempos	60
Figura 14: Informe de la segunda práctica de tiempos	61
Figura 15: Pantalla que muestra el video para el diagrama de operaciones.....	63
Figura 16: Superficie de trabajo para el diagrama de operaciones	63
Figura 17: Realización de la práctica "Diagrama de Operaciones"	65
Figura 18: Presentación de la situación inicial.....	67
Figura 19: Entorno de trabajo para el rediseño de la planta	67

Figura 20: Vista en el computador de la práctica "diagrama Bimanual"	69
Figura 21: Entorno de trabajo para el diagrama Bimanual	70
Figura 22: Realización de la práctica del diagrama Bimanual.....	71
Figura 23: Informe de la primera práctica de métodos	71
Figura 24: Informe de la segunda práctica de método	72
Figura 25: Informe de la tercera práctica de métodos	72
Figura 26: Presentación segundo parcial.....	73
Figura 27: Realización de la práctica de Kanban	74
Figura 28: Ejemplo juguete	84

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A: ENCUESTA DE INICIACIÓN 104

Anexo B: CRONOGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL PROYECTO 105

Anexo C: ENCUESTA DE FINALIZACIÓN..... 106

RESUMEN

TITULO: MODERNIZACION Y MEJORAMIENTO DE LOS LABORATORIOS DE PRÁCTICAS DE LA ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES DE LA UIS*

AUTOR: Claudia Nelly Gonzales Pardo**

PALABRAS CLAVE: Mejoramiento; Laboratorio; Métodos y Tiempos; Control de Calidad; Diseño de Plantas.

DESCRIPCIÓN: El presente trabajo de grado, hace referencia al proceso planteado y ejecutado al interior de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales EEIE de la UIS, para actualizar sus laboratorios de prácticas; esto con el objetivo de mantener los altos estándares de calidad que le han caracterizado a través del tiempo, y como una forma de ejecutar proyectos que se han planteado con antelación a nivel no solo de la Escuela sino de la Universidad entera.

Se buscó con este proyecto replantear metodológica y físicamente los laboratorios de Control de Calidad, Métodos y Tiempos y Diseño de Plantas, con base en los lineamientos de la reforma académica y las necesidades actuales de los estudiantes de la Escuela. Se hace un recuento de la función y los resultados de los laboratorios desde sus inicios, y las circunstancias que llevaron a la situación actual, en la que al inicio del proyecto se contemplaron recursos deteriorados y procedimientos obsoletos que estaban imposibilitando la oportunidad de alcanzar un desarrollo íntegro en los estudiantes. A continuación se exponen las vías de acción que la Escuela decidió tomar bajo el enfoque del mejoramiento continuo, que llevaron al alcance de los objetivos planteados y que generaron para la comunidad educativa de la Escuela los siguientes resultados: Un espacio físico adecuado a las necesidades reales y a la demanda del programa; Un software para el desarrollo de las prácticas de Métodos y Tiempos; Equipos de laboratorio actualizados y de gran utilidad para el desarrollo de las prácticas; Experiencias claramente definidas, preparadas y estandarizadas para cada uno de los laboratorios eje del programa de la Escuela. De esta forma, se consideró ejecutado y terminado el proyecto con gran éxito.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Ingeniero Néstor Raúl Ortiz Pimiento.

ABSTRACT

TITLE: MODERNIZATION AND IMPROVEMENT OF THE LABORATORIES OF PRACTICES OF THE ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES OF THE UIS*

AUTHOR: Claudia Nelly Gonzales Pardo* *

KEY WORDS: Improvement; Laboratory; Methods and Times; Quality Control; Layout design.

DESCRIPTION: The present grade work, makes reference to the structured and executed process to the interior of the Escuela de Estudios Industriales y Empresariales EEIE of the UIS, to upgrade its laboratories of practices; this with the objective of maintaining the high standards of quality that have characterized him through the time, and like a form of executing projects that have thought about in advance at non alone level of the School but of the whole University.

It was looked for with this project to restate methodological and physically the laboratories of Quality Control, Methods and Times and Layout Design, with base in the limits of the academic reformation and the current necessities of the School's students. It is made a recount of the function and the results of the laboratories from their beginnings and the circumstances that took to the current situation, in that to the beginning of the project deteriorated resources and obsolete procedures were contemplated, and it were disabling the opportunity to reach an entire development in the students. Next the action roads that the School decided to take under the focus of the continuous improvement are exposed it took within reach of the outlined objectives and that they generated for the educational community of the School the following results: An appropriate physical space to the real necessities and the demand of the program; a software for the development of Methods and Times practices; laboratory tools of great utility for the development of the practices; experiences clearly defined, prepared and standardized for each one of the laboratories axis of the program. In this way, it was considered executed and finished the project with great success.

*Grade work

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Ingeniero Néstor Raúl Ortiz Pimiento.

INTRODUCCIÓN

“El Mejoramiento Continuo”, la premisa que guía el accionar de cualquier Ingeniero Industrial es el punto de partida de todo el trabajo aquí realizado. A diario, los estudiantes de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS, reciben de sus docentes las indicaciones guía para desempeñarse activa y correctamente en pro de las empresas, buscando siempre identificar las falencias que el sistema pueda estar presentando y que entorpecen el correcto funcionamiento de la Entidad.

Siendo la Universidad Industrial de Santander la Institución proveedora y fuente continua de todo este conocimiento, es de esperarse que se encuentre siempre a la vanguardia, vigilante de los procesos que puedan entorpecer el alcance de sus objetivos, dentro de los que se cuenta principalmente ofrecer profesionales competentes e integrales a la sociedad.

Por ello y como consecuencia de esta alerta constante, la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales determinó que los procesos seguidos y recursos utilizados para la realización de las prácticas de los estudiantes en algunas de las principales asignaturas eje del programa académico, habían empezado a presentar falencias por obsolescencia, desviación de una estructura estándar e inexistencia de los recursos y procesos adecuados, disminuyendo el alcance de los objetivos.

El presente trabajo de grado tiene por objetivo mostrar la labor realizada en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, para lograr que los espacios y recursos ofrecidos a los estudiantes en pro de la realización de las prácticas de Métodos y Tiempos, Control de Calidad I y Diseño de Plantas, continuasen siendo adecuados, brindando a los alumnos las herramientas necesarias para su formación integral.

En el documento se encontrarán entonces varios capítulos que describen las fases seguidas desde el momento de inicio del proyecto, con los Antecedentes (Capítulo Uno), en los que se contempla el entorno de los laboratorios y las circunstancias que llevaron a la necesidad de su replanteamiento, siendo el momento para el reconocimiento del campo de trabajo.

En el capítulo Dos se expone el análisis de la situación actual, en el que se presenta el diagnóstico de todos los elementos de relevancia considerados para el proyecto, siendo éste como bien es sabido, el punto de partida de cualquier proceso que busque la mejora.

Continúa el trabajo mostrando el diseño y la implementación de las propuestas de mejoramiento (Capítulo Tres), en el que se expone el trabajo detallado realizado para el alcance de cada uno de los objetivos planteados en el proyecto, con base en las conclusiones obtenidas de las etapas previas.

Sigue a este capítulo, las principales Conclusiones y Recomendaciones enfocadas especialmente hacia las acciones que son necesarias llevar a cabo para garantizar la puesta en marcha de los nuevos laboratorios y que no fueron abordadas en este proyecto. Finaliza el trabajo con los anexos y todo el soporte bibliográfico del caso.

El informe aquí presentado muestra el alcance de una importante herramienta desarrollada por y para la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, y es por ende el reporte de un trabajo realizado e implementado que traerá grandes beneficios para la comunidad de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander.



1. ANTECEDENTES

1.1 TITULO DEL PROYECTO

MODERNIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS LABORATORIOS DE PRÁCTICAS DE LA ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES DE LA UIS

1.2 OBJETIVOS

General

- ✚ Lograr que los laboratorios de prácticas de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, sigan siendo una herramienta de gran utilidad para el aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Industrial de la UIS.

Específicos

- ✚ Determinar la condición actual de los laboratorios, que permita el diseño de una propuesta de transición de estas asignaturas a un ambiente virtual.
- ✚ Facilitar y agilizar el desarrollo de los laboratorios, mediante la actualización de sus recursos e inclusión de mejores procedimientos.
- ✚ Gestionar y adquirir nuevos recursos como software, material didáctico, entre otros, que mejoren el entorno de los laboratorios.
- ✚ Documentar las prácticas realizadas hasta la fecha en las áreas de Métodos y Tiempos, Control de Calidad I y Diseño de Plantas.
- ✚ Implementar la nueva propuesta de desarrollo de por lo menos los laboratorios de Métodos y Tiempos.
- ✚ Efectuar el seguimiento y control del proyecto para determinar mejoras a implementar y falencias a corregir.
- ✚ Medir y analizar el impacto del proyecto sobre los Estudiantes que realizan el laboratorio de Métodos y Tiempos.





1.3 LA FUNCIÓN DE LA UNIVERSIDAD EN LA FORMACIÓN DEL INGENIERO INDUSTRIAL

La Ingeniería Industrial es el arte de gestionar las empresas; las empresas son un conjunto de sistemas e interacciones altamente complejas e interdependientes que necesitan de dirigentes polivalentes con una visión amplia y sin miopía, que les permita conocer y controlar todos los frentes. Por ello, la Ingeniería Industrial como tal, presenta como una de sus principales ventajas el poseer diferentes campos de acción, en los cuales los profesionales de esta área pueden desempeñarse cabalmente, llevando a buen término las acciones necesarias para la estabilización y mejoramiento de las empresas en su medio.

Los entes formadores de Ingenieros Industriales, es decir las Universidades, en pro de garantizar profesionales competentes, delegan en las Escuelas de Ingeniería Industrial la función de garantizar a los estudiantes un aprendizaje integral en el que se contemplen momentos y estudios tanto teóricos como prácticos.

La Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de La UIS no ha sido la excepción, se ha caracterizado por brindar a sus estudiantes los conceptos y espacios necesarios para el aprendizaje y adiestramiento en cada uno de los frentes que conforman una industria.

Dentro del área de Producción los estudiantes interactúan con la base de la economía de cualquier empresa, adquiriendo los conocimientos que le permiten mantener en el cada vez más complicado mercado a las industrias y teniendo clara la meta de cualquier organización, que como lo dice Eliyahu Goldratt en sus textos, es ganar dinero³.

En su nivel más elemental y claro, los Ingenieros Industriales aprenden que es necesario garantizar los medios para que los clientes tanto internos como externos se sientan satisfechos, logrando con ello la tan esquiva fidelidad de los consumidores que se refleja directamente en el bienestar económico de la organización.

Para el alcance de este objetivo se necesitan productos que cumplan con las especificaciones y expectativas de los clientes. Para ello son necesarios procesos óptimos que garanticen que dichos productos serán fabricados en el menor tiempo posible y con el menor costo, lo que se logra más fácilmente con ambientes de trabajo adecuados que garanticen el mejor desempeño de los




³ Eliyahu Goldratt. La Meta. Capítulo 5. Pág. 51





trabajadores; y con las herramientas apropiadas y disponibles en los lugares convenientes.

Desde este punto de vista, la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS ofrece una serie de asignaturas en la línea de producción que permiten a los estudiantes adquirir estas habilidades, a continuación se muestran las que competen a este estudio, sin ser éstas las únicas asignaturas ofrecidas:

-  Métodos y Tiempos
-  Control de Calidad I
-  Diseño de Plantas

Cada una de estas asignaturas ofrece a los estudiantes los conceptos teóricos que son reforzados en los espacios prácticos ya estructurados. De esta manera, los estudiantes realizan cierta serie de laboratorios que les permiten afianzar sus conocimientos. A continuación se hace una breve descripción de los mismos.

1.4 LABORATORIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS

Se puede definir como el espacio en el que se realizan actividades prácticas para conocer, analizar y mejorar la técnica con la que se realiza un trabajo determinado, aplicando las herramientas que se aprenden en la asignatura Métodos y Tiempos.

Generalmente se enfocan las mejoras a reducciones en el tiempo que es necesario emplear para la ejecución de las actividades de un proceso, desde que ingresa la materia prima hasta que se obtiene el producto terminado, eliminando a su paso despilfarros y actividades que no agreguen valor al producto. Este análisis de tiempos se suele complementar con el análisis de los métodos de trabajo, que permite optimizar el proceso mediante la localización y mejoramiento de las actividades críticas, realizando variantes directas sobre la forma de efectuar las actividades.

Para alcanzar estos objetivos es común el uso de herramientas como el cronometraje, tablas estandarizadas de tiempos, diagramas de recorrido, diagramas de operaciones, diagramas mano izquierda-mano derecha, teoría JIT, teoría de restricciones, entre otros conceptos.





1.5 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD I

Se puede definir como el espacio en el que se realizan actividades prácticas para conocer, evaluar y mejorar la calidad de los productos generados en un proceso, aplicando para ello las herramientas aprendidas en la asignatura Control de Calidad I. Las actividades de mejora se asocian en forma directa con la reducción del número o del porcentaje de defectos encontrados generalmente sobre una muestra representativa de productos.

El control de Calidad es un proceso que se aplica en todas las etapas productivas, desde el diseño con la aplicación de actualizadas herramientas como el Diseño de Experimentos, el análisis QFD, AMFE etc.; pasando por el control durante el proceso productivo (que tiene como premisa que procesos controlados generarán productos de buena calidad), a través generalmente de las herramientas tradicionales del CEP como los diagramas de Pareto, diagramas Causa-efecto, gráficos de control etc. Finalmente, una vez son terminados los procesos de producción, se emplean las estrategias de Muestreo de Aceptación para verificar la calidad en los productos terminados. Cada una de estas etapas amerita ser tratada dentro de un laboratorio.

En la recolección de la información de base necesaria para el análisis y control de las variables de calidad, suelen utilizarse herramientas de medición tales como calibradores, micrómetros, balanzas etc. que permiten al estudiante interactuar con estos equipos y conocer su funcionamiento y utilidad.

1.6 LABORATORIO DE DISEÑO DEL PLANTAS

Puede definirse como el espacio en el que se realizan actividades prácticas para diseñar, evaluar y mejorar la ubicación y distribución física de una planta, aplicando para ello las herramientas aprendidas en la asignatura Diseño de plantas. Uno de los fines buscados con estos laboratorios es el de facilitar las negociaciones entre empresa-clientes o empresa-proveedores gracias a la mejor ubicación de la compañía. A su vez, al interior de la empresa se busca evitar despilfarros de tiempo, malas rutas para los productos o malas condiciones ambientales que puedan entorpecer la labor de los trabajadores y el buen desempeño de los procesos productivos.

Las mejoras de la distribución de planta se relacionan directamente con la reducción de tiempos de desplazamiento, ya sea al interior de la planta, o con los agentes externos con los que se tiene interrelaciones (proveedores, clientes, etc.); también se aprecian las mejoras en los indicadores de seguridad industrial, indicadores ergonómicos, entre otros.





Las herramientas utilizadas por el Diseño de Plantas abarcan métodos estandarizados para el análisis y mejoramiento de localizaciones y distribuciones, apoyándose en herramientas de dibujo asistido por computador, algoritmos programados para encontrar soluciones óptimas, simuladores etc.

1.7 LOS LABORATORIOS HASTA EL HOY EN LA ESCUELA

La Profesión de Ingeniero Industrial existe ya hace muchos años en Colombia y en la Universidad Industrial de Santander. En su momento, la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS fue catalogada como la mejor formadora de estos profesionales en el país.

Desde sus inicios, la Escuela consideró necesario que junto a la asignatura de Métodos y Tiempos debía brindarse un espacio de prácticas. Muchos años después esta decisión se extendió para la asignatura Control de Calidad I y Diseño de Plantas.

Según cuenta la historia, el desempeño de los tres laboratorios ha sido muy disparejo y distanciado en el tiempo. A continuación se hace una pequeña reseña de lo que han sido los laboratorios en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS.

1.7.1 Historia del laboratorio de Métodos y Tiempos. Cuando se decidió implementar estos laboratorios hace ya varias décadas, la Escuela adquirió la tecnología de punta que existía en ese entonces en el mercado. Es así como los primeros Ingenieros Industriales de la UIS, trabajaron con cronómetros de agujas, tableros, generadores manuales de # aleatorios, entre otras herramientas que hoy en día son consideradas verdaderas reliquias.

Debido al nivel tecnológico de aquel entonces, gran parte del tiempo del laboratorio era destinado a aprender como manipular estas herramientas, y lograr este objetivo era una verdadera osadía.

Para la dirección de estas pruebas, la Escuela contrató los servicios de un técnico especializado que dedicaba gran parte del tiempo a enseñar a los estudiantes el manejo y utilidad de dichas herramientas. Debido a esa situación, el fin último de los laboratorios que siempre ha sido que el estudiante pueda aplicar los conocimientos adquiridos en las asignaturas teóricas, era alcanzado hasta cierto nivel, siendo concientes que el tiempo y los recursos podían explotarse mejor.





Con el paso del tiempo fue mejorando la tecnología, y la Escuela de Estudios Industriales siempre a la vanguardia, iba adquiriendo nuevos recursos que mejoraban el nivel en el que los estudiantes podían aprovechar el tiempo; es así como en su momento se utilizaron los primeros cronómetros electrónicos, los primeros proyectores de películas, y posteriormente los primeros computadores.

Tiempo después, la persona que había sido contratada para la dirección de los laboratorios cumplió su ciclo y se retiró de la Universidad, lo que trajo como consecuencia que los laboratorios estuviesen a la deriva un largo tiempo, durante el cual fueron dirigidos por diferentes personas y en la mayoría de los casos de forma caótica.

Fue entonces cuando la dirección de la Escuela concluyó que las personas idóneas para dirigir los laboratorios deberían ser los docentes encargados de brindar la asignatura, y a partir de este momento fueron asignados varios catedráticos para reorganizar e instaurar los laboratorios.

Para ello, los docentes retomaron la información que existía de la manera en que se realizaban los laboratorios, la reestructuraron y complementaron con algunas nuevas prácticas y levantaron un manual de gran utilidad hasta la fecha.

Adicionalmente, realizaron la gestión para adquirir algunos nuevos recursos que en su momento fueron los más adecuados; entre éstos se contaron algunos videos y películas que presentaban casos de estudio, cronómetros para la toma de tiempos, pequeños artículos (arma todo) adecuados para simular procesos de ensamble, entre otros. Estos recursos son los que hasta el día de hoy se habían estado utilizando.

1.7.2 Historia del laboratorio de Control de Calidad I. Algunos años después de instaurada la carrera de Ingeniería Industrial en la UIS, y luego del levantamiento de los primeros laboratorios de Métodos y Tiempos, se vio la necesidad de realizar algunas prácticas que le permitieran a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos en Control de Calidad.

De esta forma, hacia los años 70's se estructuraron los primeros laboratorios. En aquel entonces se adquirió un "kit" que contenía cierta serie de herramientas más estadísticas que de Control de Calidad; en este kit se contaba con ruletas, generadores de números aleatorios, generadores de productos defectuosos (siendo posible diferenciarlos por su color, por ejemplo: una balota roja era defectuosa, mientras que una blanca no lo era) entre otros





elementos; y que gracias al enfoque estadístico que el Control de Calidad había tomado, fue posible utilizarlos con gran éxito para las prácticas. En vista de la necesidad de espacio se destinó un aula para el desarrollo de estas prácticas que fue equipada con algunos mesones y sillas.

Con estos equipos se trabajaba entonces para realizar pruebas y aplicar las herramientas básicas del Control de Calidad, contándose entre ellas especialmente los gráficos de Control, que se han considerado siempre una herramienta de gran utilidad. Estos laboratorios se siguieron realizando así, hasta que unos años después hacia mediados de los años 80's, las herramientas del "kit" cumplieron su vida útil, haciendo necesaria su reposición o el rediseño de los laboratorios.

Dadas las necesidades del mercado que empezaron a hacerse más rígidas, la Escuela consideró pertinente reenfocar la realización de estas prácticas para hacerlas más realistas. Fue entonces, cuando se iniciaron las prácticas de laboratorio directamente en las industrias dejando de un lado las prácticas realizadas en el laboratorio, como apoyo al desarrollo de estas actividades se levantó un práctico manual para desarrollo de experiencias en la empresa. Este documento fue la base de las prácticas durante muchos años.

Con el paso del tiempo y el ingreso de nuevos docentes a dictar a la asignatura, se consideró que esta clase de prácticas basadas en el manual que para el momento ya se había hecho obsoleto, ya no ofrecían las ventajas que en algún momento brindaron, y por ende, se consideró oportuno retornar a las prácticas de laboratorio al interior de la Universidad y de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

Debido a esta situación de caos y a la gran variedad de opiniones entre los docentes, en el momento se abordó la realización de los laboratorios de manera diversificada delegando en cada profesor la ejecución de sus propias prácticas, lo que trajo como consecuencia el olvido de la importancia que para la Escuela tenía la realización de unas experiencias estandarizadas y correctamente documentadas como un medio para no perder el trabajo anteriormente realizado.

Esta política de realizar las experiencias cada docente de manera aislada se ha mantenido hasta el presente, lo que ha significado que para los laboratorios de Control de Calidad I no se haya establecido ninguna guía de trabajo, ni para los docentes ni para los estudiantes, y que cada grupo de alumnos tenga la oportunidad de experimentar alguna experiencia dependiendo del docente con el que le corresponda ver la asignatura.





Lo que se ha hecho entonces, es que los docentes en su labor de realizar actividades prácticas adecuadas han consultado informalmente a otros docentes para planear su técnica de trabajo, complementando o cambiando las experiencias según su criterio.

Esta situación crea una gran diversidad de prácticas de las cuales hasta la fecha no se tiene ningún registro. Este evento aumenta el riesgo de perder la valiosa información del trabajo realizado por los diferentes profesores, así como las conclusiones y mejoras a que hayan llegado después de los procedimientos seguidos. Es como caer en la situación del famoso refrán que nos dice que “quien no conoce la historia, está condenado a repetirla”.

Como un agravante a esta situación, los pocos recursos utilizados en estos laboratorios (tales como micrómetros y calibradores), han alcanzado un nivel de obsolescencia e inutilidad que como consecuencia disminuye su aporte al objetivo de las experiencias.

1.7.3 Historia del laboratorio de Diseño de Plantas. Al igual que los demás laboratorios, en el pasado la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales tenía a disponibilidad de los Estudiantes algunas prácticas basadas en equipos o herramientas, que para la época eran consideradas adecuadas y muy útiles.

Para las prácticas de Diseño de Plantas se abrió dentro del aula que se tenía destinada para el desarrollo de los laboratorios de Calidad un espacio, se adquirió un tablero y cierta cantidad innumerable de pequeñas fichas, máquinas y herramientas en plástico que podían ser clavadas en el tablero, para que los estudiantes realizaran sus diseños de distribución.

Fue una técnica muy interesante y efectiva, pues ya que los estudiantes no tenían la posibilidad de visitar las plantas, podían reflexionar y analizar las distribuciones óptimas para un caso determinado de una manera objetiva y con los recursos que les ofrecían la visión necesaria para el estudio.

Sin embargo, con los recursos del laboratorio de Plantas sucedió lo mismo que con los recursos del laboratorio de Control de Calidad; se hicieron deficientes por el desgaste y la obsolescencia, y con el ánimo de respaldar la decisión de la Escuela que intentaba enviar a los estudiantes a las fábricas, se decidió que los laboratorios de plantas se realizarían de igual forma en las empresas. De esta forma, se estructuraron una serie de experiencias que los estudiantes debían desarrollar.





Desafortunadamente, la experiencia brindada por los primeros trabajos dejó al descubierto que acceder a la información necesaria para poder realizar un buen trabajo de localización o distribución, se estaba tornando más difícil, en especial por la negativa de las Industrias a permitir esta clase de trabajos. Es así como con el paso del tiempo se fueron perdiendo las prácticas, y el laboratorio fue olvidado durante varios años.

Con el ingreso de nuevos profesores a dictar la asignatura quienes llegaron con ideas frescas y nuevos conocimientos, y considerando la dificultad que habían presentado las visitas directas a las fábricas, se consideró pertinente incursionar en una herramienta hasta ahora desconocida para la Escuela como lo era la simulación de eventos, y que dada la imposibilidad de práctica directa, era la mejor opción. Se abordó entonces el tema aprovechando los conocimientos de los docentes en una conveniente herramienta de simulación llamada PROMODEL.

Desde este momento y hasta la fecha, los laboratorios de Diseño de Plantas se concentraron entonces en el aprendizaje y manejo de esta herramienta de simulación, siendo más el tiempo dedicado al aprendizaje de este software que al desarrollo de casos reales de localización y distribución de plantas.

1.7.4 Conclusión. Se hace evidente que aún hoy, con el nivel tecnológico actual y las facilidades para el alcance del conocimiento, el estudiante de Ingeniería Industrial de la UIS continúa dedicando tiempo a operaciones secundarias que impiden un mejor desempeño y el alcance del nivel superior que el mercado está exigiendo.

La Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS, dentro del marco de la autoevaluación y el proceso de mejoramiento continuo que la caracteriza, se ha percatado de los inconvenientes y falencias que actualmente poseen los laboratorios, teniendo dentro de sus proyectos el mejoramiento de los mismos.

La Escuela, ha llegado a la conclusión que es necesaria la actualización de los procesos y las prácticas realizadas, así como la implementación de nuevos recursos como software y herramientas virtuales que existen en el mercado hace ya mucho tiempo, y que se crearon para facilitar la gestión del ingeniero. Esto permitirá al estudiante concentrarse en el “core business” de las experiencias, disminuyendo el despilfarro al eliminar las actividades que no agregan valor.





2. ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1 EL PROYECTO APROBADO POR LA OFICINA DE PLANEACIÓN

La Universidad Industrial de Santander durante el año 2004, en su constante búsqueda de mejoramiento llevó a cabo un proyecto global que buscó incentivar a las diferentes Escuelas para que crearan ambientes que mejoraran las condiciones de desarrollo y formación de sus estudiantes (en especial nuevos laboratorios y aulas virtuales); para ello la Universidad destinó ciertos recursos que junto a otros aportados por las Escuelas formaron el presupuesto para alcanzar los objetivos planteados en estos proyectos.

Las Escuelas debían plantear y presentar a la Oficina de Planeación de la Universidad, un programa en el que se detallaba el destino de los fondos asignados para su revisión y aprobación. La Escuela de Ingeniería Industrial se dio entonces a la tarea de estudiar las necesidades actuales y la mejor manera de invertir estos dineros. Considerando sus necesidades actuales y teniendo en cuenta el reciente propósito de rediseñar y mejorar los actuales laboratorios de prácticas, se pensó en este proyecto como el posible destinatario de los fondos, es así entonces como la Escuela se dio a la tarea de definir la clase de recursos que serían necesarios para un mejor desarrollo de las prácticas y en los que se podrían invertir los dineros.

El proceso inició con la definición de las herramientas que serían necesarias en cada uno de los laboratorios (Métodos y Tiempos; Control de Calidad I y Diseño de Plantas) con el fin de definir prioridades, pues aunque se enlistaran todas las necesidades era evidente que no todas se podrían adquirir con este proyecto.

Para esta tarea se contó con la colaboración de los docentes que dictaban las asignaturas y quienes luego de su estudio concluyeron que el laboratorio que más equipos requería en el momento era el de Control de Calidad I, pues la naturaleza propia de esta rama requiere el uso de equipos de medición y control que ofrecen la información necesaria para realizar los análisis y poder de esta forma emprender acciones; y la Escuela no poseía estos recursos.

Como segunda necesidad, definieron que la Escuela tenía carencia de equipos de medición de variables ergonómicas para los laboratorios de Diseño de Plantas, que aunque en la actualidad no se estaban realizando se contaba dentro de los planes estructurar las prácticas, y considerando la ergonomía una










temática tan relevante abordada en esta asignatura, se consideró pertinente proponer la adquisición de algunos de estos equipos.

Dentro del estudio, se llegó a la conclusión que los laboratorios de Métodos y Tiempos no requerían de equipos especializados que debieran adquirirse en el momento, ya que para el desarrollo de estas prácticas se necesitan en su gran mayoría herramientas de análisis, más que equipos avanzados para la recolección de información. Por ello, se consideró que con los equipos de medición actuales (especialmente los cronómetros) serían suficientes para brindar unas prácticas adecuadas, y que el mejoramiento de estos laboratorios debería enfocarse hacia otro frente.

Como factor común a los tres laboratorios, se concluyó la necesidad de facilitar espacios para el manejo de herramientas informáticas de apoyo a las prácticas, lo que requería muy posiblemente de equipos de cómputo adicionales a los que poseía la Escuela en la actualidad.

Con base en esto, se consideró adquirir:

-  Balanzas electrónicas
-  Calibradores digitales
-  Luxómetros
-  Distanciómetros
-  Computadores

Se inició entonces una etapa de consulta en el mercado para definir las características y precios de estos equipos, con el fin de concretar las cantidades y características que debían cumplir, con base en el presupuesto aprobado para el proyecto. Como resultado de este diagnóstico, se concluyó que era posible adquirir diez (10) ejemplares de cada recurso, cantidad con la que se consideró poder suplir las necesidades de la Escuela.

De esta forma, la Escuela presentó a la Oficina de Planeación el proyecto titulado: **“Adquisición de equipos de laboratorio para la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales”**; con el que se buscó obtener equipos para la realización de los laboratorios de Control de Calidad I y Diseño de Plantas. Luego del proceso pertinente, el proyecto fue aprobado por la Oficina de Planeación y la Escuela recibió el aval para iniciar el proceso de adquisición, que según los procedimientos y lineamientos de la Universidad, debían adquirirse a través de una convocatoria pública por superar cierto tope económico.





En vista de la real posibilidad de adquirir estos equipos que significarían una renovación de los recursos utilizados, la Escuela se dio a la tarea de aprovechar las circunstancias y reestructurar la metodología, recursos y lugar utilizados en los laboratorios de prácticas que realizan los estudiantes de Ingeniería Industrial. Se decidió designar este trabajo como un proyecto de grado.

2.2 PLAN DE TRABAJO DEL PROYECTO DE GRADO

La primera etapa para el equipo de trabajo conformado por la estudiante Claudia Nelly Gonzales y el Docente Néstor Raúl Ortiz, fue realizar un proceso de conocimiento del avance del proyecto de adquisición de equipos con la Oficina de Planeación de la Universidad. De esto se encontró que luego de su formulación el proyecto se había estancado durante varios meses debido a inconvenientes logísticos al interior de la Escuela que habían impedido la ejecución de las etapas posteriores necesarias para la adquisición, se definió que debían realizarse entonces las siguientes actividades para completar el proceso:

- ✚ Definición específica de las características técnicas de los equipos. Para lo que era necesario consultar a los proveedores.
- ✚ Solicitud del concepto técnico ante el Departamento de Mantenimiento Tecnológico. Requisito necesario para realizar la compra.
- ✚ Diseño del pliego de condiciones generales y específicas de la convocatoria pública. En el que se exponía a la comunidad pública la necesidad e intención de la Universidad de adquirir equipos para la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.
- ✚ Ejecución de las actividades del cronograma de la convocatoria (compra del pliego de peticiones por parte de los posibles proveedores, evaluaciones técnicas, jurídicas, adjudicación, entre otros.), esto es, el desarrollo del proceso de selección.
- ✚ Compra de los equipos. Que podría realizarse una vez la Dirección de Contratación y proyectos de Inversión de la Universidad diera el aval a la Escuela mediante acta de adjudicación.

Como segundo punto del trabajo, debía diseñarse un plan específico de actividades que llevaran al alcance de los objetivos generales buscados por la Escuela, esto era, lograr el mejoramiento y modernización de los laboratorios de prácticas. El proceso por supuesto debía tener como punto de partida,





plantear un plan para diagnosticar la situación actual real de los laboratorios, para luego con base en esta información, poder definir posibles vías de mejoramiento, de las cuales se implementarían las más adecuadas. Se definió entonces que era necesario:

- ✚ Diagnosticar la situación actual de cada uno de los tres laboratorios
- ✚ Diseñar las propuestas de mejoramiento
- ✚ Implementar las propuestas

Se inició entonces el trabajo.

2.3 DIAGNÓSTICO DEL LABORATORIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS

De los tres, el laboratorio de Métodos y Tiempos se encontraba mejor estructurado ya que contaba con un manual de prácticas y los recursos necesarios para llevar las experiencias a cabo (legos, videos, medios audiovisuales etc.).

Se definió entonces que el trabajo debía partir del análisis de la metodología actualmente utilizada. Para esto, una vez iniciadas las experiencias del primer semestre académico del año 2005, se realizó un seguimiento cercano para comprender a cabalidad la forma en que se venían realizando los laboratorios; los recursos y los temas tratados en ellos. Con este fin, se presenciaron algunas de las prácticas realizadas por los docentes encargados.

Esta información, complementada con la experiencia vivida por la estudiante a cargo del proyecto y los aportes brindados por el director del proyecto, quien además es uno de los docentes encargados de ofrecer la asignatura dentro de la Escuela, facilitó la definición del perfil, las ventajas y falencias del proceso actual.

La conveniencia de los temas tratados en el laboratorio se realizó con base un proceso de profundización realizado sobre los libros de texto para la asignatura,⁴ esto permitió aclarar todas las inquietudes acerca de la temática abordada. Como aporte adicional se consultaron algunos manuales existentes con anterioridad, de donde se concluyó que gracias a los anteriores procesos de mejora realizados sobre estos laboratorios, se había podido plantear un

⁴ Benjamín Niebel. Ingeniería Industrial: Métodos, Tiempos y Movimientos; Oficina Internacional del trabajo. Introducción al estudio del trabajo; José Domínguez Machuca. Dirección de Operaciones; Hamid Noori y Russell Radford. Administración de operaciones y producción; entre otros.





listado de prácticas depuradas y adecuadas temáticamente, que eran las vistas en la actualidad por los estudiantes.

Con el fin de conocer la concepción que los estudiantes tenían de las prácticas, se decidió realizar una encuesta a aquellos que cursaron la asignatura del laboratorio de Métodos y Tiempos durante el primer semestre académico del 2005; esta encuesta tenía por objetivo definir a priori las expectativas y las ideas preconcebidas de la calidad de los laboratorios. La estructura de esta encuesta puede observarse en el Anexo A.

Para su realización, se decidió llevar a cabo un muestreo no aleatorio, definiéndose como población objetivo dos los grupos que cursaban la asignatura, siendo en total 30 los estudiantes (aproximadamente el 20% de los estudiantes que cursaron la materia.) a los cuales se les pidió contestaran la encuesta.

De este estudio se concluyó lo siguiente:

- ✚ El 100% de los estudiantes consideraba que el objetivo de los laboratorios debe ser realizar actividades prácticas relacionadas con los ejes temáticos de la materia teórica.
- ✚ Una minoría (alrededor del 10% de los estudiantes) consideraba que el fin de los laboratorios debía dirigirse hacia la incursión en temas más avanzados, similares a los tocados en las prácticas de JIT y TOC.
- ✚ Por lo menos el 90% de los estudiantes consideró las prácticas sencillas y útiles, pero con material de trabajo insuficiente y viejo.
- ✚ Alrededor del 50% de los estudiantes esperaban realizar prácticas de control de despilfarro, 5's, manejo de inventarios, entre otros temas. Los demás se limitaron a las prácticas de tiempos y métodos.
- ✚ Más del 90% de los estudiantes no tenían un concepto ni negativo ni positivo de las prácticas, lo que llevó a pensar que a pesar de la situación de obsolescencia determinada por la dirección de la Escuela, los estudiantes parecían aprovechar lo que se les ofrecía.

Luego de recoger toda esta información, fue posible obtener las siguientes observaciones y conclusiones:

Primero: Conveniencia de la temática





Los temas abordados en cada uno de los laboratorios de Métodos y Tiempos son acordes a la temática vista en la asignatura teórica. Se realizan 2 prácticas de aplicación de las herramientas para el análisis de tiempos y 3 prácticas de aplicación de las herramientas para el análisis métodos, que permiten a los estudiantes en conjunto, poner en práctica las técnicas para el análisis del trabajo.

Dado que la asignatura de Métodos y Tiempos es de las primeras de la línea de producción, se resalta la intención de brindar una introducción a temas más avanzados que son vistos en asignaturas de niveles superiores, como lo son la Teoría de Restricciones y la Producción Justo a Tiempo, para los cuales se realizan dos de las más reconocidas prácticas básicas de estos conceptos (El Sistema Kanban y el juego de los dados para demostrar el efecto de los eventos dependientes y las fluctuaciones estadísticas), utilizando para ello fichas de lego que simulan productos en proceso, lo que facilita la comprensión de los conceptos y divierte a los estudiantes.

Por estas razones, se considera que los tópicos abordados en los laboratorios de Métodos y Tiempos son convenientes y consistentes, por lo cual se considera favorable *mantener temáticamente las prácticas actualmente desarrolladas*.

Segundo: Conveniencia de los recursos

Los equipos y herramientas utilizados tales como: videos, televisor, VHS, cronómetros, hojas de examen, calculadoras e implementos comunes de papelería como reglas, lápices etc., a pesar de ser útiles para realizar las actividades de las prácticas, son obsoletos, lo que en algunos casos desmotiva al estudiante ya que transmite la sensación de no ser aplicable en la realidad actual.

La utilización de herramientas informáticas comunes (como Microsoft Office), que brindan la posibilidad de realizar en más corto tiempo y sin mayor esfuerzo cálculos, gráficos o informes textuales, es inexistente. Esta situación conlleva a que los estudiantes deban realizar la totalidad de sus informes de manera manual demandando una inversión considerable de tiempo durante la práctica, y en algunos casos la necesidad de terminar los informes en la casa.

Con base en esta información, se concluyó que es necesario *reemplazar los recursos utilizados en los laboratorios de Métodos por herramientas actualizadas que le ahorren tiempo al estudiante, y no le desvien de los*





objetivos de la práctica. Al respecto, se pensó en la posibilidad de *adquirir una herramienta software* que permita desarrollar gran parte de las prácticas en un ambiente virtual, eliminando el uso del televisor y VHS, y facilitando al estudiante la realización de cálculos básicos, gráficas etc.

Tercero: Conveniencia del espacio utilizado

El espacio destinado para la realización de estas prácticas eran los salones comunes de clase de la Escuela que están habilitados con medios audiovisuales (televisor y VHS). En estos espacios se pueden desarrollar las prácticas, aunque no es el ambiente ideal ya que para algunas como las de JIT y TOC se requieren mesones que permitan a los estudiantes simular una línea de producción, y para estos casos los pupitres suelen ser un inconveniente.



Figura 1: Aula actual para el desarrollo de las prácticas

Por esta razón y siendo consecuentes con la posibilidad de adquirir el software, se concluyó que es necesario *adecuar un ambiente físico exclusivo para las prácticas* que esté equipado con mesones de trabajo y equipos de cómputo, para el desarrollo de las prácticas en un ambiente virtual.

2.4 DIAGNÓSTICO DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD I

Los laboratorios de Control de Calidad I han sido muy variados en los últimos tiempos, ya que la asignatura ha sido dictada por varios docentes que como se mencionó anteriormente, plantearon su propio programa de prácticas y trataron en la medida de lo posible de realizar buenas experiencias con los estudiantes.





Se consideró conveniente empezar entonces por la recolección de la información de estas prácticas, de tal forma que pudiera realizarse un estudio de cada una de ellas para definir su conveniencia dentro de la nueva estructura. Para la recolección de esta información se hizo necesario hablar con estudiantes que ya hubiesen visto la materia y con profesores que realizaron en algún momento del tiempo, alguna de estas prácticas.

Con los estudiantes fue posible indagar de forma general acerca de la realización de los laboratorios y en algunos casos se pudo contar con alguno de los informes presentados por ellos en aquel entonces. Sin embargo, el nivel de profundización de la información necesario para establecer una base sólida sobre la cual partir el trabajo no pudo ser establecida, en gran parte porque los estudiantes olvidan con facilidad los objetivos e instructivos de las experiencias.

De esta forma, el trabajo se concentró con los docentes que dictan o dictaron la materia y que de una u otra forma implementaron las prácticas. De estas reuniones se logró recoger una descripción oral más detallada de los laboratorios, que para todos los casos cubría los principales ejes temáticos de la asignatura, y algunas prácticas adicionales referentes al control de calidad, a saber:

- ✚ Prácticas de diseño de productos y procesos
- ✚ Prácticas de control estadístico de procesos
- ✚ Prácticas de planes de muestreo de aceptación
- ✚ Prácticas de Metrología.
- ✚ Prácticas de Ingeniería de la confiabilidad.

Al analizar esta información se pudo concluir:

Primero: Conveniencia de la temática y los instructivos de las prácticas

Se detectó la inexistencia de un programa estructurado de prácticas que permitiera estandarizar las experiencias, garantizando la permanencia de la información en la Institución independientemente del docente que dicte la asignatura.

Este se consideró un punto crítico, pues al no existir registros ni documentación de las prácticas, aumenta la probabilidad de que en muchos casos los docentes intentaran realizar experiencias que ya habían sido implementadas anteriormente, y que le podrían demandar al profesor tiempo y esfuerzo que hubiese podido ahorrar o emplear en otras actividades.





Por ello, se consideró conveniente *sentar en un documento escrito la información flotante existente de los laboratorios de Control de Calidad I* para lograr estandarizar las prácticas y crear con ello un manual guía para los estudiantes y docentes. El análisis de la conveniencia de la temática se realizó compartiendo experiencias con estudiantes y docentes, y haciendo una evaluación profunda de los libros texto de la asignatura⁵.

Dentro del estudio, se consideró oportuno reevaluar los instructivos de las prácticas, pues se hacía necesario *reajustar las experiencias para integrar los equipos de medición que se adquirirían* a través del proyecto de inversión patrocinado por la Dirección de la Universidad.

Segundo: Conveniencia de los recursos

Al analizar los recursos se observó que había una utilización prácticamente nula de equipos de Control de Calidad, con tan solo algunas excepciones en las que se encontró el uso de micrómetros y reglas. Esto limitaba la posibilidad de tener un listado de diferentes experiencias para un mismo tema, pues al no poseer las herramientas había que limitarse siempre al mismo entorno.

La principal razón para la no utilización de equipos como balanzas, calibradores etc. era la carencia de los mismos dentro de las herramientas de la Escuela destinadas para estos laboratorios. Por eso, se consideró pertinente *gestionar la adquisición de los equipos de medición*, proyecto factible y que ya había sido iniciado gracias al apoyo de la Universidad.

Tercero: Conveniencia del espacio

A diferencia de los laboratorios de Métodos, los de Control de Calidad son una actividad adicional a la asignatura y no una materia independiente, lo que conlleva a que las prácticas deban ser realizadas en las mismas aulas en las que se dicta la asignatura teórica destinando algunas de las horas asignadas a la materia.

En la mayoría de los casos y dadas las características de estos laboratorios que requieren trabajar con materias primas manipulables y que preferiblemente

⁵ James Evans. Administración y Control de la calidad; Besterfiel. Control de Calidad; Nigel Slack; Stuart Cambers y otros. Administración de Operaciones; Juran Joseph. Manual de Control de Calidad; entre otros.





puedan ser transformadas, los estudiantes recibían hasta el momento las instrucciones en el aula de clase y buscaban cualquier lugar dentro o fuera de las instalaciones de la Escuela, para llevar a cabo práctica. Esto era un gran inconveniente, ya que fuera de las aulas encontrar un lugar adecuado, lejos de las interrupciones del medio puede ser complicado.

A menos que el Docente pidiera un informe finalizado el laboratorio (lo que en la mayoría de los casos no sucedía, ya que la presentación del informe requería de tiempo y cálculos adicionales que se realizaban en casa), esta situación se prestaba en muchas ocasiones para que los estudiantes simplemente suspendieran la práctica y se dedicasen a otra actividad con el argumento de que “después lo hacemos en casa”, lo que se consideró un inconveniente aún mayor, pues la Escuela no estaba garantizando las condiciones para que el estudiante se desarrollase a cabalidad.

Otra situación similar sucedía cuando los Docentes dentro de su programa solían dedicar algunas horas de laboratorio para enseñar a los estudiantes alguna(s) herramienta(s) informática(s) de apoyo al control de Calidad que abundan en el mercado (como Statgraphics, SPSS, QSB, entre otros), lo que requería la gestión por parte del profesor para solicitar en préstamo la sala de cómputo de la Escuela.

Esta situación creaba en muchos casos inconvenientes en los usuarios de la sala, que generalmente hacen sus trabajos o utilizan los recursos allí prestados y que se veían en la necesidad de suspender sus actividades para ceder el espacio a los talleres de Control de Calidad I, obligándolos a buscar otras salas o a esperar hasta tanto se terminaran los laboratorios.

Por las razones anteriormente descritas se consideró adecuado *facilitar un espacio físico exclusivo para la realización de las prácticas*, que contase además con equipos de cómputo provistos de las herramientas informáticas para el análisis de datos estadísticos y herramientas para el control de la calidad.

2.5 DIAGNOSTICO DEL LABORATORIO DE DISEÑO DE PLANTAS

Los laboratorios actuales de Plantas, realizados al igual que los laboratorios de Control de Calidad I dentro de un espacio en el horario fijado a la asignatura teórica, se concentraron desde mucho tiempo como ya se mencionó en la enseñanza de PROMODEL, una herramienta de simulación útil para determinar soluciones óptimas a problemas de producción, logística y otras áreas.





Desafortunadamente, estos talleres de aprendizaje consumían la gran mayoría del tiempo de los laboratorios, lo que impedía a los estudiantes llegar a aplicar la herramienta en casos reales de distribución de planta. Del análisis de la información recolectada con los docentes que dictan la asignatura, se concluyó que:

Primero: Planteamiento de las prácticas

La ausencia de prácticas claramente enfocadas a los temas tratados en la asignatura era un problema latente. Cuando se intentó recolectar la información de los laboratorios de Plantas, se encontró que no existen experiencias estructuradas para los ejes temáticos de la asignatura (localización y distribución de plantas), con lo que se concluyó la necesidad de *iniciar desde cero el planteamiento de las posibles experiencias*.

Como consecuencia de la inexistencia de las prácticas adecuadas, la utilización de equipos de medición para el diseño y distribución de plantas era nula pese a que éstas herramientas son de uso común en el medio, en especial aquellas que ayudan a determinar y mejorar condiciones ergonómicas.

Dadas estas condiciones, se precisó la necesidad de redefinir el contenido del laboratorio *excluyendo de estos el aprendizaje de PROMODEL*, esta decisión con el fin de que el tiempo de estas prácticas pueda ser mejor utilizado. Sin embargo, y considerando las ventajas que el manejo de la herramienta ha traído a los estudiantes y con el fin de mantener su enseñanza, se propone *crear un seminario para el aprendizaje de PROMODEL* que deba ser visto por los estudiantes como requisito previo para ver la asignatura.

Segundo: Conveniencia de los recursos

Debido a la inexistencia de prácticas a realizar es comprensible la ausencia de instrumentos de medición y equipos que permitan realizar un trabajo de distribución de plantas. Es sin embargo de resaltar, que durante la clase teórica con el ánimo de mostrar a lo estudiante estos equipos, se hacían algunas demostraciones de equipos ergonómicos que aunque antiguos, daban por lo menos una noción de lo que pueden hacer y para lo que se pueden utilizar.

En vista de la posibilidad de implementar unos laboratorios que involucren un trabajo de distribución de planta real, se crea la necesidad de adquirir algunos de estos equipos. A través del proyecto de adquisición de equipos aprobado por Planeación, se obtendrán algunos luxómetros y distanciómetros que serán de gran utilidad junto con las herramientas ya existentes. Por ello, se necesita





garantizar la adquisición de equipos, que quizá puedan superar el número y clase ya aprobado en un futuro no muy lejano.

Tercero: Conveniencia del espacio

La situación con la utilización de la sala de cómputo de la Escuela presentada para el caso de Control de Calidad I se presenta también para Diseño de Plantas, siendo en este último caso más crítica la situación, ya que mientras en Control de Calidad I la necesidad de estos espacios era esporádica, en Diseño de Plantas es un espacio definido prácticamente durante todo el semestre y utilizado únicamente para los talleres de PROMODEL. Esto deja nuevamente al descubierto, *la necesidad de un espacio exclusivo para la realización de las prácticas*, en el que se cuente con equipos de cómputo que puedan apoyar el desarrollo de los laboratorios.

De esta forma y con base en esta información, pudieron definirse las necesidades específicas para garantizar unos laboratorios de prácticas adecuados.





3. DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO

3.1 DEFINICION DE LAS NECESIDADES

De la valiosa información generada en el diagnóstico, se concluyó las necesidades para cada uno de los laboratorios:

Laboratorio de Métodos y Tiempos:

- Mantener temáticamente las prácticas actualmente desarrolladas.
- Reemplazar los recursos utilizados en los laboratorios de Métodos por herramientas actualizadas que le ahorren tiempo al estudiante, y no le desvíen de los objetivos de la práctica. Al respecto, se ha pensado en la posibilidad de adquirir una herramienta software.
- Adecuar un ambiente físico exclusivo para las prácticas.

Laboratorio de Control de Calidad:

- Levantar un documento escrito con la información flotante existente de los laboratorios de Control de Calidad I.
- Reajustar las experiencias para integrar los equipos de medición que se adquirirán.
- Gestionar la adquisición de los equipos de medición.
- Facilitar un espacio físico adecuado para la realización de las prácticas.

Laboratorio de Diseño de Plantas:

- Iniciar desde cero el planteamiento de las posibles experiencias.
- Redefinir el contenido del laboratorio excluyendo de estos el aprendizaje de PROMODEL.
- Crear un seminario para el aprendizaje de PROMODEL.
- Garantizar la adquisición de equipos.
- Garantizar un espacio adecuado para la realización de las prácticas.

Al realizar una síntesis de estas necesidades, pudo resumirse el trabajo en las siguientes tres áreas:





- ✚ Estructuración de un ambiente físico adecuado y disponible exclusivamente para la realización de los laboratorios.
- ✚ Adquisición de nuevos recursos, tanto equipos como software, que integren a los estudiantes en el ambiente virtual en el que se encuentra el mundo actualmente.
- ✚ Levantamiento, análisis y rediseño de la metodología, procedimientos y temática abordada en los laboratorios de Métodos y Tiempos, Control de Calidad I y Diseño de Plantas.

La gestión para realizar estas diferentes etapas debía ser llevada paralelamente, lo que exigía un trabajo integral por parte de los encargados del proyecto.

3.2 PUESTA EN MARCHA DE LAS PROPUESTAS

De los tres ejes generales del proyecto definidos en el tópico anterior, el último (temática y estructura de la metodología) podía partir del precedente existente, ya que ésta era la única información disponible. Los dos primeros frentes del proyecto (la estructuración de un ambiente físico y la adquisición de recursos) fueron completamente nuevos, lo que demandó una planeación y estructura que partió de cero.

Para facilitar su comprensión, se describirá los procesos seguidos para cada uno de los frentes como si hubiesen sido realizados de manera continua, uno detrás del otro, aunque en realidad no se hizo así, pues cabe recordar que este fue un trabajo en paralelo que implicó que en cualquier momento del tiempo podía encontrarse el desarrollo de alguna actividad para cualquier de los tres ejes. El desarrollo real podrá observarse en el cronograma de seguimiento del proyecto que se presenta en el Anexo B.

3.3 GESTIÓN PARA LA ADECUACIÓN DEL ESPACIO FÍSICO

La dirección de la Escuela consideró conveniente asignar un aula dentro de las instalaciones actuales de la Escuela de Ingeniería Industrial como ambiente exclusivo para el desarrollo de las prácticas. Luego de un análisis de los posibles lugares en los que podría funcionar el laboratorio y teniendo como criterios de decisión la disponibilidad de las aulas, las condiciones ambientales (iluminación, humedad, calor, entre otros) y la capacidad de los salones, se dedujo que el lugar adecuado en el que funcionarían los laboratorios sería el actual salón 112, en el que hasta la fecha estaba funcionando la Asociación





Centro de Estudios de Ingeniería Industrial y todas sus dependencias. Se decidió entonces reubicar la Asociación junto a la biblioteca del ACEII, y una vez realizadas las gestiones para su traslado se dispuso del salón para su adecuación.

Las primeras actividades desarrolladas en esta aula fueron de limpieza, pintura y aseo general. Con esto se buscó dejar el salón en las mejores condiciones actuales para conocer el punto de partida de los arreglos y las acciones que serían necesarias para el ajuste del aula. De este análisis se concluyó que el salón requería los siguientes acomodos y adecuaciones:

Cambios al piso

Bajo las condiciones actuales el piso del 112 se encontraba sucio y manchado. Se definió como posibles acciones a seguir en primer lugar el arreglo sin necesidad de cambiarlo, y en segundo lugar el cambio total del piso.

Se realizaron algunas consultas a varios posibles proveedores del servicio y luego del análisis de sus observaciones y propuestas, se concluyó que lo más conveniente era arreglar el piso sin cambiarlo, ya que su estado con plena seguridad mejoraría con al brillarlo y se evitaría con ello el amplio lapso de tiempo que tomaría cambiar en su totalidad la estructura, lo que a su vez se reflejaría en demoras al proceso y entorpecimiento de las demás actividades necesarias en el aula.

Con base en esto, se autorizó y realizó la negociación al interior de la Escuela para asignar a un trabajador particular los arreglos.

Aire acondicionado

Dado que dentro del aula se manejarían equipos de cómputo y herramientas que no deben ser sometidos a fluctuaciones de temperatura, se consideró conveniente adquirir un aire acondicionado para el salón.

Se localizaron varios proveedores dentro del área metropolitana de Bucaramanga, quienes visitaron el aula 112 y realizaron la valoración de las necesidades mínimas requeridas, aconsejando la conveniencia de instalar uno u otro de los modelos ofrecidos por su compañía. Junto a la información básica que se había fijado, presentaron a la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales una propuesta y cotización para la instalación y mantenimiento del aire acondicionado.





De las observaciones hechas por las empresas cotizantes, se concluyó la necesidad de realizar algunos ajustes al cableado eléctrico existente actualmente en el aula, ya que se necesitaba de una estructura especial que soportara el montaje y consumo de energía que garantizara el correcto funcionamiento del aire.

Cuando fueron recogidas todas las cotizaciones, se presentó al Consejo de Escuela la solicitud para aprobación del desembolso del rubro correspondiente, ya que éste debía ser adquirido con dineros de la misma Escuela (sin ayudas financieras por parte de la Universidad). El Consejo de Escuela aprobó la solicitud y dio vía libre para continuar con el proceso de adquisición.

Antes de realizar cualquier compra de este tipo, las Escuelas deben solicitar al departamento de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad, un aval técnico que garantiza que las acciones encaminadas no entorpecerán el correcto desempeño de la organización, y que los elementos o equipos que se van a adquirir, efectivamente cumplen con las condiciones mínimas preestablecidas para los mismos.

Dentro de esta recomendación, el departamento de Mantenimiento Tecnológico aconseja a la Escuela realizar la negociación con el proveedor que presente las mejores condiciones técnicas y económicas, siendo evaluados bajo criterios objetivos. Esta acción es una obligación establecida dentro de los procedimientos internos de la Universidad.

El principal problema presentado para la obtención de este aire, fue precisamente el estancamiento que sufrió la propuesta en el departamento de Mantenimiento Tecnológico, ya que estos avales solo pueden ser expedidos por el Director del Departamento quien presenta altos niveles de carga laboral, que le impiden un desempeño satisfactorio en cualquiera de las tantas actividades que desarrolla. Casualmente, la época coincidió con una de altas actividades a desarrollar por parte del Departamento (que se encontraba en remodelación física) y que entorpecieron aún más el proceso.

Luego de casi tres meses de espera, finalmente fue recibido el aval, con lo que pudo darse continuidad al proceso con el proveedor recomendado por el Departamento de Mantenimiento Tecnológico. La negociación con estos proveedores se realizó según los parámetros establecidos por la Universidad para las negociaciones al interior de las Escuelas. Un tiempo después fue recibido en el aula 112 el aire acondicionado, que fue montado por delegados de la organización proveedora.





Ajustes eléctricos e iluminación

Según las necesidades establecidas para la instalación del aire acondicionado y de los diez computadores para el laboratorio fue necesario contactar un contratista especializado en adecuaciones eléctricas, quien se encargó de cotizar y brindar a la Escuela el valor de los arreglos que eran necesarios para surtir al aula del cableado que permitiese el funcionamiento de los diferentes equipos y recursos a utilizar en el laboratorio. Dentro de su cotización, el contratista presentó las necesidades de recursos comprometiéndose a adquirirlos.

Junto a las necesidades de electricidad, se realizó con el contratista el análisis de los requerimientos de luminarias y lámparas; las funciones que desempeñará el laboratorio demandan una buena iluminación y el aula está adecuada para poderse instalar un grupo de lámparas distribuidas ergonómicamente, por estas razones se encontró conveniente instalar las lámparas para las cuales ya existían tendidos eléctricos. De igual forma, el contratista presentó a la Escuela la cotización del trabajo a realizar y los materiales a utilizar.

La solicitud para aprobación del desembolso fue presentada al Consejo de Escuela, posterior a su aprobación se iniciaron los trabajos. Durante estas labores se concluyó que la estructura eléctrica de la Escuela de Ing. Industrial es insuficiente para cubrir su actual demanda, por lo que se hizo necesario para realizar los ajustes contar con el apoyo de otras dependencias de la Universidad. Esta situación confirmó lo que hace tiempo se estaba sospechando y abrió la posibilidad a un proyecto para la ampliación del tendido eléctrico de la Escuela.

Muebles

Teniendo en cuenta que en el laboratorio funcionarán tanto equipos de cómputo como otros equipos de medición y considerando que el objetivo de las nuevas prácticas de laboratorio es brindar un espacio adecuado a los estudiantes, se vio la necesidad de adquirir ciertos bienes muebles. Dentro del presupuesto aprobado por la Universidad para la adquisición de los Equipos de Laboratorio, se aprobó un rubro especial para ayudar a cubrir el monto de estos mobiliarios.

La cantidad y características de los bienes dependían entonces directamente de la capacidad máxima del aula y del cupo máximo de estudiantes que tendrían los laboratorios. Al realizar el estudio, se concluyó que dentro del salón 112,





dadas las condiciones físicas existentes y las actividades que allí se desarrollarían, cabrían un máximo de 25 estudiantes cómodamente ubicados en muebles de computador. Este número de personas es consecuente con un tamaño de grupo adecuado para materias teóricas, pero no para materias prácticas, ya que trabajar con tantos estudiantes al tiempo, puede generar una situación caótica.

Otro aspecto que se tuvo en cuenta, es que dentro del proyecto aprobado por la Universidad se concretó la adquisición de diez computadores para el laboratorio, lo que se convirtió en un factor limitante de la capacidad ya que para los laboratorios de Métodos que ahora serían asistidos por un programa de computación y que requieren la ejecución de las prácticas individualmente, se tendría entonces un cupo máximo de diez estudiantes. Esta observación fue comunicada a la Dirección de la Escuela para que pudiesen hacerse los ajustes a los horarios de los semestres venideros.

Por otra parte, el trabajo a realizar por los Estudiantes en las prácticas de Calidad I y Diseño de plantas no requiere en la mayoría de los casos individualidad, lo que facilita la ampliación de los cupos disponibles para ingreso al laboratorio.

En este punto es importante analizar la situación que genera la constitución de los laboratorios en materia de horarios. Los grupos de Control de Calidad I y Diseño de Plantas están conformados generalmente por más de 30 estudiantes. Los laboratorios tendrán una capacidad máxima de veinte y cinco (25) estudiantes, de tal forma que si no es posible ubicar todo el grupo dentro del laboratorio, será necesario asignar a cada grupo de las asignaturas teóricas, cuatro horas dentro del horario de disponibilidad que tendrá el aula. Esto con el fin de que el docente de manera interna realice la división del grupo para que la mitad de los estudiantes trabajen durante dos horas y los demás trabajen las siguientes dos horas.

Estas cuestiones logísticas son de gran importancia y garantizarán el buen desarrollo de los laboratorios.

Se definió entonces la necesidad de adquirir muebles de cómputo para mínimo diez computadores y una mesa de trabajo adecuada para el desarrollo de los laboratorios de Control de Calidad I y Diseño de Plantas.

A finales del año 2004, se realizaron algunas cotizaciones con proveedores del sector que buscaron encontrar la empresa adecuada para realizar e instalar los muebles del laboratorio. Se definió como estrategia adquirir primero las sillas





aprovechando el presupuesto aprobado por la Universidad y como una medida de prudencia, ya que para aquel entonces el aula 112 no había sido preparada, lo que implicaba que una vez listos los muebles, se tendrían que almacenar en la Escuela y dadas las circunstancias no existía el espacio para ello.

Unos meses después, cuando el proyecto fue retomado con el objetivo de culminarlo, se reanudaron las labores de cotización para la adquisición ahora de las mesas para computador, la mesa de trabajo y un armario para almacenar los equipos de medición que serían adquiridos por medio del proyecto de la Universidad. Se realizaron en conjunto con las empresas proponentes, el diseño y estructura de los muebles según las necesidades actuales y futuras del laboratorio.

Básicamente se consideraron dos distribuciones:

- Mueble para computador empotrado en la pared. Esto permitiría un mayor espacio hacia el centro del salón para el desplazamiento de alumnos y profesores, así como la posibilidad de adquirir una mesa de trabajo más grande.
- Muebles móviles para computador. Esto con el objetivo de ampliar el número de estudiantes que en un futuro pudieran tomar la práctica; esta decisión implicaba una reducción del espacio de desplazamiento y el tamaño de la mesa de trabajo.

Como se había considerado previamente, realizar prácticas de laboratorio con más de 25 estudiantes no se considera adecuado, de lo que se concluyó que no se necesitaría ampliar la capacidad del salón y de los cursos a largo plazo. Por esta razón, pudo seleccionarse el diseño empotrado en la pared para los muebles con una mesa de trabajo más grande.

Por otra parte, estos muebles empotrados debían ser ubicados de tal forma que facilitasen la visión del estudiante hacia el tablero (punto de referencia local) y hacia la mesa de trabajo; por ello definir la ubicación de estos recursos fue necesario para concretar el resto de la distribución.

Luego de un análisis general de las condiciones ambientales como el nivel de luz y reflejo que representaría para los estudiantes, se concluyó que el pizarrón debería ubicarse en la pared junto a la puerta y la mesa en todo el centro de salón; con esto automáticamente fue definida la ubicación de los muebles.





Nuevamente para estos recursos, se solicitó al Consejo de Escuela la aprobación de los desembolsos necesarios para su compra y la selección del proveedor adecuado con base en las especificaciones técnicas y el valor económico de la propuesta. El Consejo de Escuela aprobó y seleccionó el proveedor, de esta forma se realizó el contacto y negociación con la empresa seleccionada llevando a cabo la negociación según los parámetros definidos por la Universidad para realizar contrataciones al interior de las Escuelas.

Puertas y Ventanas

Desafortunadamente desde hace un tiempo, la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales ha sido víctima de una serie de hurtos que le han perjudicado de manera considerable, lo que ha llevado a sus directivos a tomar medidas que brinden mayor seguridad y que puedan proteger los bienes muebles e inmuebles de la Escuela.

Dado que en el laboratorio de prácticas van a reposar una serie de equipos de valor y algunos computadores, se determinó la necesidad de implementar las medidas extendidas de seguridad al aula 112. Es así como en una labor conjunta para la sala de cómputo, la sala de investigación, la dirección y el laboratorio, se instaló una puerta metálica de doble cerradura y una reja. Esta medida supone la limitación del fácil acceso a las aulas, lo que se supone a facilitado los anteriores hurtos presentados.

A su vez, se decidió que las ventanas actuales aún cuando están protegidas por una reja, deberían ser cambiadas por unas de mejor presentación estética, y por supuesto que brindasen una mayor seguridad al aula, siendo necesario instalarles una reja similar a la instalada en la puerta.

De esta forma, realizadas todas las obras y estando hasta la fecha pendientes detalles menores, se ha logrado constituir un ambiente cómodo y adecuado para el desarrollo de los nuevos laboratorios de la Escuela de Ingeniería Industrial. A continuación se muestran algunas fotografías tomadas durante el proceso:





Figura 2: Arreglos primarios al salón



Figura 3: Nuevo laboratorio de prácticas

De esta forma, se dan por cumplidos los objetivos buscados para el acondicionamiento físico del aula para los laboratorios de Prácticas de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.





3.4 GESTIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

Del análisis realizado en la primera etapa del trabajo, se extrajo el listado de actividades que estaban pendientes para terminar la diligencia de convocatoria pública que permitiría seleccionar el proveedor o proveedores de los equipos. Por ello, la tarea consistió en dar continuidad al proceso y ejecutar las actividades pendientes:

Definición específica de las características técnicas de los equipos

El trabajo en esta primera etapa se inició con la visita y comunicación vía telefónica con las empresas proveedoras, para solicitar una actualización de precios y la verificación de la disponibilidad de los equipos. En trabajo conjunto con los docentes de la Escuela que dictan las asignaturas, se hizo una revisión de las especificaciones técnicas de los equipos para confirmar las necesidades actuales. De este análisis se obtuvieron valiosas correcciones y ajustes a las especificaciones para proceder al siguiente paso.

Solicitud del concepto técnico ante el Departamento de Mantenimiento Tecnológico.

Como se mencionó en apartados anteriores, cualquier compra que quiera hacerse dentro de la Universidad debe ser aprobada y avalada por el Departamento de Mantenimiento Tecnológico, y por supuesto, los equipos para el laboratorio no fueron la excepción. Se presumía que el trámite tomaría algún tiempo, sin embargo fue más extenso de lo esperado debido al estancamiento del proceso en el Departamento de Mantenimiento Tecnológico, en donde de manera similar al aire solicitado, se debió esperar casi tres meses para recibir el concepto. Las razones que se suponen fueron la causa de esta situación, fueron expuestas en el apartado en el que se describe el proceso para la adquisición del aire acondicionado.

Diseño del pliego de condiciones generales y específicas de la convocatoria pública.

Mientras se esperaba el concepto técnico de Mantenimiento Tecnológico, se realizó el diseño del pliego de condiciones generales, documento en el que se expone a la comunidad pública la necesidad e intención de la Universidad de adquirir algún bien o servicio, para el caso, los equipos para la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Este documento debe desarrollarse





siguiendo un formato estandarizado y facilitado por la Dirección de Contratación y Proyectos de Inversión.

Una vez fue obtenido el concepto técnico, se procedió a abrir la convocatoria con la publicación en la página Web de la Universidad del pliego de peticiones y el cronograma de actividades a realizar, desde donde fue consultada por proveedores y entidades interesadas en suministrar los equipos. Como medida de apoyo se realizó una labor de información telefónica a proveedores locales y nacionales para anunciarles las intenciones de compra, e invitándoles a participar de la convocatoria.

Ejecución de las actividades del cronograma de la convocatoria.

Las entidades interesadas en participar debieron realizar la compra del pliego de peticiones y presentar la propuesta ante la Universidad. Luego de cumplida la fecha para el cierre, las propuestas fueron sometidas a las respectivas evaluaciones técnicas, jurídicas y económicas del caso, según lo estipula los procedimientos internos. Finalizado este proceso, se obtuvo como resultado el proveedor seleccionado para suministrar los equipos a la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

Compra de los equipos.

Con la emisión de un acta de adjudicación se autorizó a la Escuela para realizar la negociación con el proveedor seleccionado del proceso. En estos momentos estamos a la espera de la culminación de la negociación con la llegada de los equipos a la Escuela.

De esta forma, se dan por cumplidos los objetivos buscados para la adquisición de los equipos destinados a los laboratorios de Control de Calidad I y Diseño de Plantas.

3.5 PROCESO DE MEJORAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DEL LABORATORIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS

Según lo previamente concluido y establecido, los cambios necesarios en el laboratorio de Métodos y Tiempos se enfocarían al replanteamiento y actualización de los recursos utilizados (tema a tratar en este apartado) y a la preparación de un ambiente físico adecuado (que se tocó en el tópico anterior).





Según las características de los recursos utilizados en el laboratorio, se llegó a la conclusión que sería bastante útil facilitarles a los estudiantes los medios para realizar de forma automática cálculos matemáticos básicos y gráficos, y que adicionalmente, presentara la información y los casos de estudio de una manera amigable e individual. Por ello se pensó en la posibilidad de diseñar y adquirir a la medida de las necesidades del laboratorio, un software acorde con las herramientas actuales que existen hoy en el mercado.

Se inició entonces un proceso de diseño de las características que debía tener la herramienta software de tal forma que permitiera el alcance de los objetivos. Se consultó un Ingeniero de Sistemas⁶, quien con sus conocimientos delimitó las principales características que cualquier software debe cumplir para que sea completamente útil, con base en las necesidades del laboratorio, se consideró que el software fuese:

- ✚ Amigable visualmente: Es preciso que el software ofrezca un entorno cálido, que transmita confianza y rompa con el miedo normal hacia las cosas desconocidas.
- ✚ Sencillo en el manejo de íconos: Se hace necesario que los hipervínculos que posea la herramienta sean visibles, legibles y que expresen su función tan solo con mirarlos.
- ✚ Con una secuencia lógica de eventos: Se debe ser lo suficientemente explícito y detallado para que se comprendan las actividades que se están desarrollando.
- ✚ Confiable en los resultados: La confianza en la efectividad del software se verá directamente relacionada con la veracidad de los resultados que arroje, (en este caso especialmente con respecto a los cálculos matemáticos).
- ✚ Claro en las operaciones que realiza: De esta forma, se garantiza que el usuario sepa que se está haciendo.

Con estas indicaciones generales, se creó un equipo interdisciplinario entre el programador (Ingeniero de Sistemas) y el experto temático (Ingeniera Industrial a cargo del proyecto) que tuvo por labor el diseño general de la herramienta.

⁶ Ing. Leonidas Pardo Riaño. Ingeniero de Sistemas UIS.





Una vez fue aprobado en Consejo de Escuela el rubro para el pago del software, se inició el proceso detallado de diseño de cada una de las prácticas a desarrollar, y de las cuales se excluirían la práctica de JIT y TOC según se había acordado previamente por considerarse conveniente el método actual de trabajo. De esta forma, las prácticas que se incluyeron en el software fueron:

- ✚ Dos prácticas de tiempos:
 - Estudio de tiempos por cronómetro: Valoración
 - Estudio de tiempos por cronómetro: Estimación

- ✚ Tres prácticas de métodos:
 - Diagrama de Operaciones
 - Diagrama de Recorrido
 - Diagrama Bimanual

Los lineamientos generales que se fijaron para el software fueron:

- ✚ Realizar la programación del software en lenguaje Visual Basic 6.0

- ✚ Simular un ambiente Web típico, en el que se pueden encontrar sobre la pantalla los íconos e hipervínculos que lleven a otras funciones, y que se accionan al hacer clic sobre ellos. Este enfoque difiere de otro más formal (como el presentado en herramientas como Office) en el que las opciones se encuentran en menús ubicados en la parte superior de la pantalla y cuyas opciones pueden ser accedidas al desplegar los menús. Se consideró adecuado el enfoque Web porque al ser más informal crea una mejor relación con los usuarios objetivo (estudiantes).

- ✚ Escoger los colores amarillo y verde por ser éstos los típicamente relacionados con la Escuela de Ingeniería Industrial, lo que generaría un mayor sentido de pertenencia e identificación.

- ✚ Establecer la necesidad de crear dos módulos en el software, un módulo titulado "Estudiante", en el que cada alumno podría realizar las prácticas; y otro módulo titulado "Docente", que tendría la función de administrar todo el software (matrículas, fechas de práctica, previos, notas, etc.)

- ✚ Crear una estructura de red de computadores, ésta necesaria para guardar la información que el estudiante genere al realizar las prácticas en un computador, de manera individual y al mismo tiempo varios alumnos. Al crearse la red, cada alumno puede trabajar





independientemente y enviar la información a un lugar común (base de datos) desde donde podrá ser accedida por el docente.

El trabajo realizado para el diseño, programación y pruebas realizadas a cada una de las prácticas se describe a continuación.

3.5.1 Estudio de tiempos por cronómetro: Valoración.

Método actual

Los estudiantes recibían del profesor al inicio de la clase, una breve descripción teórica de la temática que se trataría en el laboratorio, siendo obligación del estudiante llegar a la experiencia con estos conceptos claros, que se brindan tanto en la asignatura teórica como en el manual de prácticas. Posteriormente, recibían las instrucciones para el desarrollo de la práctica, les eran explicados los recursos a utilizar y el informe que debían presentar como reporte del trabajo desarrollado.

Una vez claro el proceso, el profesor se disponía a proyectar un video descriptivo que mostraba una serie de actividades repetitivas adecuadas para realizar la valoración del ritmo de trabajo. Dentro del análisis que se hizo de la práctica, se llegó a la conclusión que las actividades debían ser reemplazadas por algunas más industriales para hacer el recurso más interesante a los ojos de los futuros ingenieros.

El laboratorio estaba dividido en tres partes. Durante la primera etapa, el estudiante observaba una sucesión de actividades que podían ser comparadas con un patrón cuyo ritmo de trabajo correspondía al 100% según la escala de valoración de porcentajes, este patrón se mostraba cada dos escenas permitiéndole al estudiante familiarizarse con la experiencia. De esta forma, observaba el video y registraba su concepto del ritmo de trabajo al que operario se estaba desempeñando, tomando esta información en una tabla de datos que le correspondía realizar previamente a la ejecución del laboratorio, y cuyo modelo estándar se encontraba descrito y figurado en el manual de prácticas.





Figura 4: Vista de un registro de datos

De esta misma forma, el estudiante debía realizar las valoraciones de la segunda y la tercera parte, que se diferenciaban de la primera en la frecuencia con se mostraba el patrón correspondiente al 100%. El video era proyectado de forma continua dando un espacio entre escenas para realizar la valoración.

Una vez finalizado el video, los estudiantes escuchaban del profesor los datos de las valoraciones reales de cada una de las partes y las registraban en la casilla correspondiente del formato de datos. A partir de este momento, iniciaba una labor de cálculos matemáticos por parte del estudiante, en el que tenían que confrontar sus valoraciones con las reales, determinar un error absoluto y un error absoluto promedio.

Posteriormente con cada pareja de datos generados, se tenía que construir una gráfica de dispersión. El objetivo de estas medidas era determinar que tan desviados se encontraban de los valores reales y más importante aún, definir el porqué de este comportamiento. Siguiendo estas premisas, los estudiantes analizaban estas cifras obteniendo conclusiones alrededor de conceptos como la exactitud, la precisión y la consistencia.



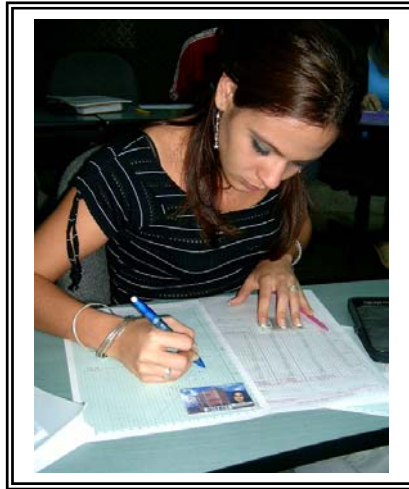


Figura 5: Realización de los cálculos y diagramas de dispersión

Finalmente el estudiante entregaba el informe de la práctica al profesor una vez terminada la clase. En promedio, el tiempo dedicado en estas prácticas era de dos horas.

 Nuevo método

Con el nuevo método, el estudiante debe interactuar con las interfaces del software. La herramienta puede accederse al ingresar un código y una contraseña. Esto será posible si el Docente ha matriculado al estudiante en la herramienta:

**LABORATORIO
METODOS Y TIEMPOS**

Codigo De Usuario

Contraseña

Ingresar **Salir**

ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES

Figura 6: Entorno de entrada al software





Posteriormente, el estudiante podrá seleccionar la práctica que el Docente haya programado para la fecha, para el caso se mostrará el entorno cuando se quiere acceder a la primera práctica, que corresponde al estudio de tiempos por cronómetro: Valoración.



Figura 7: Ventana de acceso a la práctica de valoración de tiempos

Se decidió mantener la estructura de brindar a los estudiantes una secuencia de actividades divididas en tres grupos y diferenciadas entre sí por la frecuencia con que se muestra el rendimiento del 100%. Se diseñaron entonces las interfaces del software necesarias para ello.

Dentro del trabajo se consideró la posibilidad de brindar a los estudiantes un espacio entre parte y parte de la práctica (recordar que son tres partes), para observar y analizar su desempeño local, esto brindaría la posibilidad de plantearse metas de mejora para las partes posteriores, o afianzar su método.

Es así como se establecieron las condiciones necesarias para que luego de cada una de las tres partes, el estudiante pudiera detener el video, observar las valoraciones reales y el error absoluto que hubiese generado de cada una de las escenas de la parte. Todas estas acciones se ejecutan al hacer clic en un único ícono.





Figura 8: Pantalla de la primera parte de la práctica

Una vez el estudiante revisa sus resultados parciales, puede hacer clic en otro ícono titulado Parte dos o Parte tres según corresponda, para continuar con la reproducción del video y las valoraciones. Finalizada la parte tres, el estudiante hace clic en otro ícono titulado “Resultados” que muestra las gráficas de dispersión y los errores absolutos promedio que con el antiguo método debía calcular manualmente. De esta forma, el estudiante debe limitarse a evaluar los resultados sobre consistencia, exactitud y precisión determinando las causas que puedan haber causado su desempeño y fijándose un perfil como evaluador.

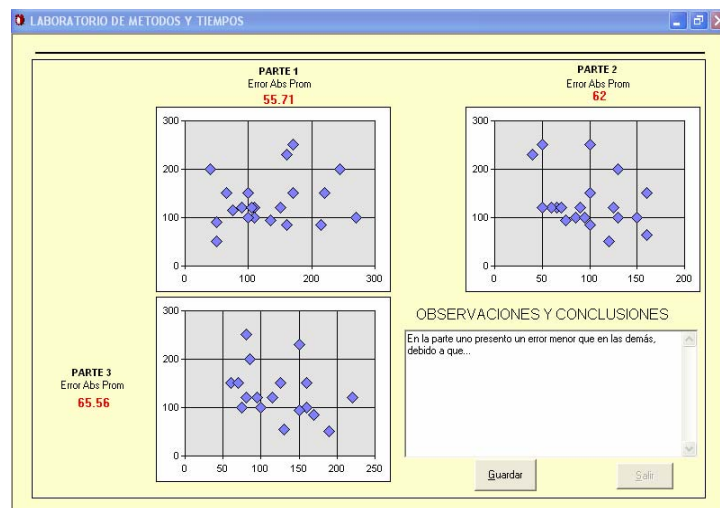


Figura 9: Presentación de los Resultados de valoración de tiempos





El informe que generan es enviado a la base de datos del software, desde donde el docente podría consultarla en cualquier momento, eliminándose completamente la necesidad de realizar informes manuales y físicos. Los instructivos detallados sobre el manejo de la herramienta y el procedimiento que debe seguirse, se encuentran claramente expuestos en el manual del Estudiante.

De otro lado, al considerar las necesidades adicionales de recursos para la correcta realización de la práctica, se tocó el tema de las escenas que debía presentarse a los estudiantes para ser valoradas.

Cuando se estudió el video actual se encontró que este no era adecuado por muchas razones: en primer lugar era muy obsoleto por representar actividades de hace casi dos décadas; en segundo lugar, las escenas mostradas correspondían a eventos no relacionados con la industria (para ser más precisos, eran actividades realizadas en un gimnasio, que en su momento se consideraron adecuadas por mostrar un evento común entre los estudiantes), lo que impedía la posibilidad de interactuar con actividades de fábrica.

De esta forma, se inició la labor de buscar las actividades industriales idóneas que presentaran a los estudiantes velocidades de trabajo fácilmente identificables, y que en la medida de lo posible pudieran alcanzarse sin necesidad de realizar alteraciones de video para velocidades máximas y mínimas. En esta búsqueda, se concluyó que las actividades realizadas en un taller de ebanistería se ajustaban lo suficientemente bien a lo buscado; así que se gestionó el permiso para realizar la grabación de las siguientes operaciones:

- Martillar una puntilla
- Cepillar un listón
- Lijar una pieza terminada
- Serruchar una tira de madera

Adicionalmente, se incluyeron dos operaciones de procesos de servicios:

- Contar billetes en un banco
- Estampillar libretas

Con estas actividades realizadas por los operarios a diferentes ritmos de trabajo, se editó y construyó el video que haría parte de la herramienta.

Implementación y pruebas a la práctica





Cuando la práctica estuvo lista, se inició el proceso de instalación de la misma que según se había considerado pertinente sería en la sala de cómputo de la Escuela, ya que las instalaciones del laboratorio aún no estaban listas y en la sala se podría aprovechar la red de Internet que ésta posee. Desafortunadamente, la fecha coincidió con una época de arreglos de la red a nivel de toda la Universidad que hacían el sistema completamente inestable, lo que impidió que fuese posible desarrollar la práctica.

Sin embargo, se consideró importante iniciar el proceso de pruebas, pues la retroalimentación que de éstas se obtuviera sería vital para el ajuste del software antes de terminar el semestre; de no hacerse en el momento, habría que esperar un semestre más para que los siguientes grupos realizaran de nuevo la misma práctica. El objetivo fue entonces, que finalizado el semestre la herramienta estuviese completamente probada y todas las posibles falencias corregidas.

Por esta razón, se hizo uso de los recursos de la Escuela y se implementaron las pruebas en los dos computadores de la sala de investigación ubicada en el salón 103 que pudieron conectarse en una red local. Se asignaron turnos a los estudiantes y durante la semana fueron realizando uno a uno la práctica.

De esta primera experiencia, se extrajeron algunas correcciones menores que pronto fueron ajustadas y se obtuvo un primer estimado de la reducción de los tiempos de ejecución de las experiencias. Para el caso, se disminuyó el tiempo promedio de dos horas a una.

3.5.2 Estudio de tiempos por cronómetro: Estimación

Método actual

La práctica de estimación de tiempos es una práctica que integra varios de los conceptos de la técnica: toma de tiempos por cronómetro, valoración y determinación del tiempo tipo.

Cuando se realizaba este laboratorio, el docente debía iniciar la práctica realizando una breve descripción teórica del procedimiento a seguir para estimar el tiempo gastado en la realización de un proceso, desde la determinación del ciclo del trabajo, hasta el cálculo final para el tiempo tipo. A continuación, el profesor daba algunas instrucciones generales sobre el uso del cronómetro y proveía de uno a cada estudiante dentro del laboratorio. Finalmente, describía la práctica para aclarar cualquier inquietud sobre los





recursos a utilizar, los objetivos y los resultados que debían obtener del proceso.

Posteriormente, se reproducía el video de un proceso productivo. En una primera ocasión, los estudiantes podían observar el video de corrido para familiarizarse con el proceso e identificar el ciclo de trabajo, con esta información, podían dividir el ciclo en elementos. Generalmente el tiempo de duración del video daba el espacio suficiente para realizar estas primeras etapas, pero era rígido respecto a su manipulación ya que todos los estudiantes observaban un solo video y cualquier detención sería impertinente.

En una segunda ocasión, los estudiantes observaban nuevamente el proceso productivo, identificando durante esta etapa el punto de inicio y fin de cada elemento para cronometrarlo. Debían entonces iniciar por valorar la actividad registrando su concepto en la tabla de datos que realizaban previamente al laboratorio, y que al igual que todos los formatos utilizados en las prácticas aparecía descrito y diagramado en el manual de prácticas.

Luego de la valoración, el estudiante tomaba el tiempo de la actividad y lo registraba en la tabla de datos. Repetía este proceso hasta finalizar el video.

Posteriormente iniciaba la etapa de cálculos matemáticos: el primer paso era determinar el tiempo normalizado (tiempo asignado * valoración), luego debía analizarse todos estos tiempos para definir cuales de ellos serían tomados en cuenta para el estudio, y cuales no por corresponder a elementos extraños, o a inconvenientes en la toma del tiempo. Con los tiempos seleccionados, se determinaba el tiempo normalizado promedio por elemento, al que se le asignaban suplementos y contingencias para obtener finalmente el tiempo tipo.

Todos estos cálculos debían ser entregados finalizada la práctica junto con las asunciones, observaciones y conclusiones que se realizaron en la experiencia. La práctica tomaba en promedio dos horas.

Nuevo método

Para esta práctica se consideró muy importante dentro del software permitir la posibilidad de ver de manera independiente el video del proceso productivo, esto daría la facilidad al estudiante de poder reproducir, detener y analizar el proceso según sus propias necesidades. La estructura básica de la práctica se mantuvo: El estudiante debe observar el video al iniciar la práctica, definiendo al culminar los elementos del ciclo de trabajo.



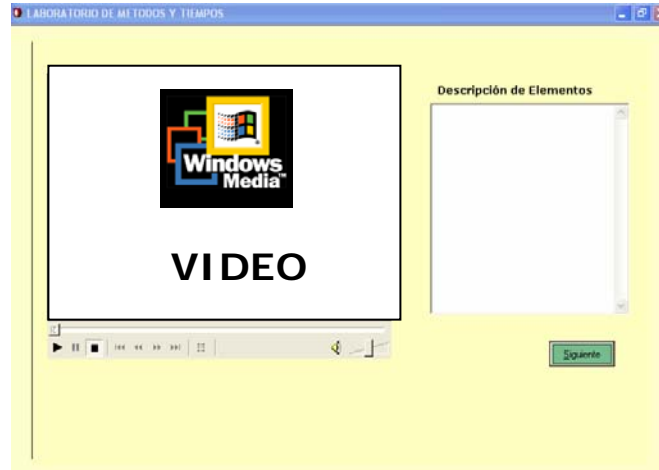


Figura 10: Pantalla para reproducción del video y definición de elementos

Posteriormente podrá tomarse los tiempos de cada elemento definido, éstos serán registrados automáticamente en el formato prediseñado que se presenta en la pantalla del software, en donde además de esta información de los tiempos, se encuentra el encabezado del registro, con información del proceso determinada por el software.



Figura 11: Pantalla para el registro de los datos





Para la toma de los tiempos, se presenta en pantalla un cronómetro básico que supe las mismas funciones de los cronómetros reales. La gran diferencia radica nuevamente en los cálculos que el estudiante deberá realizar para obtener el tiempo tipo, ya que en esta ocasión será liberado de determinar el tiempo normalizado, éste se determina automáticamente cada vez que el estudiante hace clic para capturar el tiempo del cronómetro.

Con el listado completo de los tiempos normalizados, el estudiante de manera individual podrá realizar el análisis de cuales de los elementos no incluirá en el estudio, describiendo sus razones en los espacios destinados para tal fin. Dado que muy seguramente cada estudiante seleccionará elementos diferentes para excluir, el software no puede determinar los promedios, los que deberán ser calculados por los estudiantes. Sin embargo, una vez obtengan esta información y definiendo los valores de los porcentajes de suplementos y contingencias correspondientes, el software calculará el tiempo tipo.

LABORATORIO DE METODOS Y TIEMPOS

TIEMPOS NORMALIZADOS

E
L
E
M
E
N
T
O
S

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	00:06:04	00:00:08	00:02:02	00:01:04	00:00:08	00:01:00	00:00:08	00:02:06	00:00:06	00:01:04	00:01:01	00:01:04
2	00:01:07	00:01:01	00:01:06	00:01:00	00:01:02	00:01:01	00:01:03	00:00:09	00:01:00	00:00:08	00:01:06	00:01:06
3	00:00:09	00:02:01	00:01:04	00:01:01	00:01:01	00:00:08	00:01:03	00:01:01	00:00:07	00:00:08	00:01:06	00:05:00

Elemento	T Normal Prom	# Repeticiones elemento	Suplementos	Tiempo Asignado
1	00:00:00	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	00:00:00	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	00:00:00	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Calcular

Tiempo Asignado Total	<input type="text"/>
Tiempo Tipo	<input type="text"/>

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Guardar

Figura 12: Presentación de los Resultados

Como informe el estudiante debe obtener conclusiones y realizar notas aclaratorias a su trabajo que son consignadas en un espacio dentro del entorno del software. El profesor puede consultarlas posteriormente para realizar la calificación de la práctica a cada estudiante. De esta manera, nuevamente se eliminó la necesidad de realizar un informe manual y tan tedioso como el realizado con el método anterior.





Parte importante de los recursos utilizados en esta práctica, es el video que presenta el proceso a valorar y estimar. Al analizar el que hasta el momento se había estado utilizando, se encontró que éste era muy obsoleto y presentaba serias fallas de imagen y comprensión, por ello se consideró conveniente cambiarlo por uno de mejores condiciones.

En el proceso de estudio de cual debería ser el tema más adecuado para analizar bajo el enfoque de la estimación de tiempos, se consideró pertinente incluir una operación de servicios, ya que para esta clase de negocios mantener buenos tiempos de trabajo y una excelente atención al cliente puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso.

De esta forma, se consideró dentro de las posibilidades el típico tiempo de servicio para las colas, y con base en ello, se decidió incluir un proceso del que los mismos estudiantes hacen parte: El préstamo de libros en la Biblioteca Central de la UIS.

Con este fin, la Escuela de Estudios y Empresariales realizó la gestión para obtener el permiso pertinente dentro de la Biblioteca Central para grabar la actividad. El permiso fue otorgado y con base en la información del momento de mayor demanda se realizó la grabación del préstamo de libros, obteniéndose como resultado un video de más de quince minutos continuos de proceso, con actividades repetitivas y adecuadas para estimar.

Implementación y pruebas a la práctica

Se decidió entonces realizar la instalación de la segunda práctica para ser probada por los estudiantes del laboratorio de Métodos y Tiempos. Dadas las falencias logísticas presentadas con la instalación de la primera experiencia en la sala de cómputo de la Escuela y en vista de que las condiciones de anormalidad no se habían superado, se consideró pertinente realizar la instalación nuevamente en los computadores del aula 103, que corresponden al laboratorio de investigación. Se informó a los estudiantes el horario para la realización de la práctica y durante la siguiente semana se ejecutaron con muy buenos resultados.

En esta práctica, al igual que en la primera que corresponde a la valoración de tiempos, se resalta la gran facilidad que ofrece el software al estudiante para concentrarse en los objetivos de las prácticas y no en los cálculos matemáticos, lo que se vio reflejado en el tiempo promedio empleado por práctica, que disminuyó de dos horas a tan solo una.





3.5.3 Primer previo

Según lo dispuesto en la metodología del curso, una vez se han realizado las prácticas que corresponden al estudio de tiempos, se realiza el primer examen.

En esta evaluación los estudiantes deben realizar algunos análisis sobre el trabajo realizado, por lo que se hace necesario suministrarles los resultados que generaron cuando realizaron el laboratorio más las observaciones y conclusiones que el docente haya realizado cuando calificó las experiencias. Esto requiere por supuesto, la calificación previa de los laboratorios por parte del docente:

✚ Calificación de la primera práctica de tiempos: Valoración

Dentro de las facultades del software permitidas al docente, se encuentra la de calificar las prácticas de los estudiantes. De la práctica de valoración de tiempos, el profesor observa por cada estudiante las gráficas de dispersión de cada una de las tres partes de las que se compone el laboratorio, los errores absolutos promedio, y las observaciones y conclusiones del estudiante.

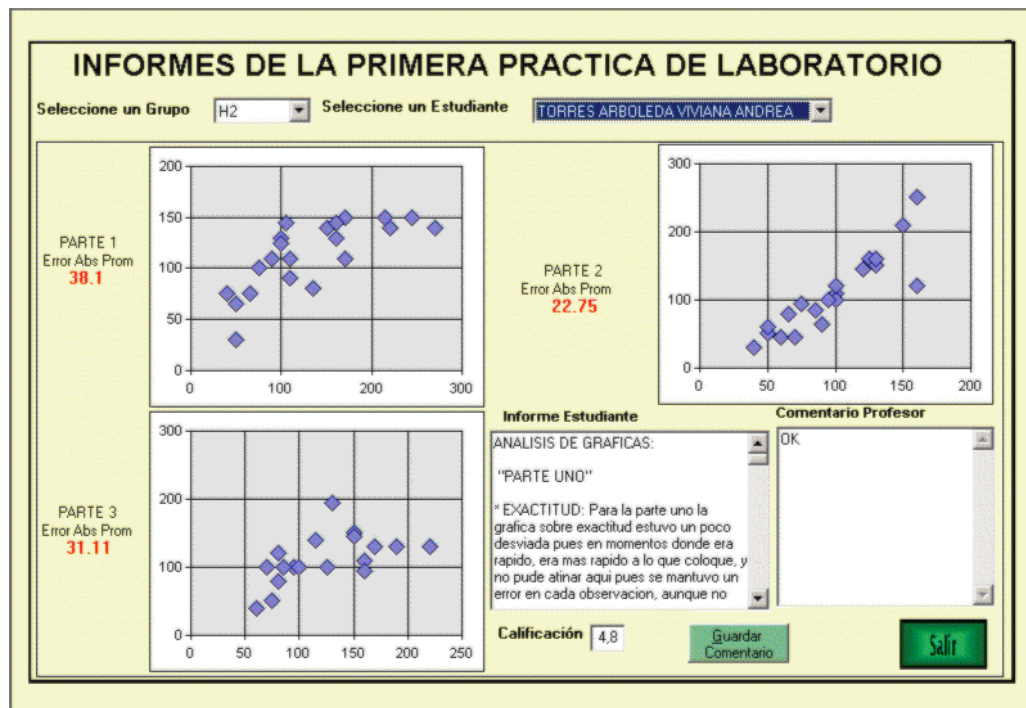


Figura 13: Informe de la primera práctica de tiempos





Como resultado, el docente hará comentarios y observaciones del desempeño del estudiante según las variables relevantes para el proceso, y colocará una nota.

Calificación de la segunda práctica de tiempos: Estimación

De esta práctica se muestra al docente el listado de los tiempos normalizados y la tabla de datos que realizó el estudiante para calcular el tiempo tipo. Junto a esta información se encuentran la descripción de los elementos y las observaciones y conclusiones. El docente deberá evaluar los resultados de la práctica colocando su nota cuantitativa a la experiencia.

INFORMES DE LA SEGUNDA PRACTICA DE LABORATORIO

Seleccione un Grupo: Seleccione un Estudiante:

TIEMPOS NORMALIZADOS

C I C L O S

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	00:14:02	00:20:01	00:21:00	00:30:00	00:10:01	00:10:09	00:19:02	00:26:06	00:13:03	00:11:00	00:07:08	00:11:09
2	00:11:09	00:17:06	00:09:04	00:16:04	00:36:02	00:07:04	00:17:05	00:23:09	00:08:06	00:10:07	00:11:03	00:22:02
3	00:20:05	00:14:08	00:16:00	00:35:02	00:01:07	00:17:02	00:14:04	00:43:08	00:16:08	00:17:02	00:39:06	00:32:00

Elemento	T Normal Prom	# Repeticiones elemento	Suplementos	Tiempo Asignado
1	00:12:03	1	13	00:13:09
2	00:12:03	1	13	00:13:09
3	00:18:06	1	13	00:21:00

Tiempo Asignado Total	00:48:08
Tiempo Tipo	00:51:04

Descripción de Elementos

PRIMER ELEMENTO
INICIA: bibliotecaria recibe libro
TERMINA: verificación del código de barras del último libro

SEGUNDO ELEMENTO
INICIA: verificación del código de barras del último libro
TERMINA: bibliotecaria entrega recibo a estudiante

Observaciones y Conclusiones

Tiempos Eliminados:
En el primer elemento: se eliminaron los ciclos 2,3,4 y8, esto se hizo por que en los 2 primeros casos la lectura del carnet por el laser no fue efectiva y se tuvo que introducir el numero del código de estudiante. En el tercer caso

Comentario Profesor

Muy buenas conclusiones, pero no hay descripción de la asignación de los suplementos y contingencias.

Calificación

Figura 14: Informe de la segunda práctica de tiempos

Cuando esta información repose en la base de datos del software, los estudiantes podrán realizar el previo correspondiente, consultando la información y respondiendo en una hoja de examen las preguntas que se le realizan.





3.5.4 Estudio de métodos de trabajo: Diagrama de Operaciones

Método actual

Hasta la fecha, para la realización de esta práctica era necesario disponer de los medios audiovisuales de los salones con el fin de poder proyectar el video base para el trabajo de los estudiantes. Para la experiencia era necesario, al igual que en todos los demás laboratorios, una introducción por parte del docente explicando el trabajo que se iba a realizar, los recursos a utilizar y los objetivos que se buscaban con la práctica.

Una vez clarificada cualquier inquietud, el docente iniciaba la proyección del video de un proceso productivo, que mostraba el método utilizado por un operario para la elaboración de un producto determinado. A los estudiantes les correspondía observar atentamente la proyección para entender el procedimiento e ir a la par tomando notas aclaratorias que le guiaran en el momento de la realización del diagrama de operaciones. Una vez finalizado el video, los estudiantes tomaban papel y lápiz y se disponían a realizar el diagrama de forma manual. De ser necesario se realizaba una segunda proyección del video.

Finalizada la clase, los estudiantes debían entregar al docente el diagrama de operaciones realizado y un informe presentando las principales observaciones y conclusiones del trabajo. En esta práctica al igual que en casi todas las demás, el tiempo dispuesto y gastado para su ejecución era de dos horas.

Método propuesto

El objetivo y metodología básica para la realización del diagrama de operaciones se mantuvo para el software. Básicamente, el estudiante observa el video del proceso productivo pero esta vez de una manera independiente de sus compañeros, luego de lo cual procede a realizar el diagrama de operaciones en una plantilla de Visio prediseñada especialmente para tal fin, y en donde cuenta con los ítems necesarios para la realización del diagrama.

El importante aporte de esta práctica radica en que exhorta a los estudiantes a la utilización de herramientas informáticas como Microsoft Visio, lo que genera un valor agregado en el profesional.



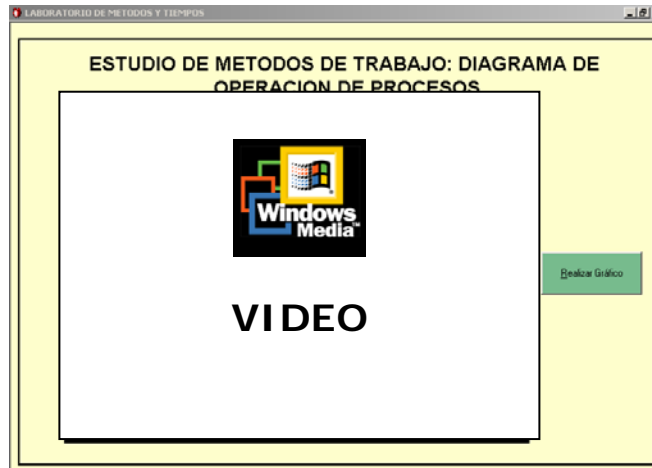


Figura 15: Pantalla que muestra el video para el diagrama de operaciones



Figura 16: Superficie de trabajo para el diagrama de operaciones

Cuando el estudiante considera que el trabajo ha sido culminado, podrá tomar dos vías de acción, o bien guardar el diagrama de una vez para que luego sea consultado por el docente, o realizar una revisión del mismo proyectando una segunda vez el video, luego del lo cual, podrá guardar el trabajo.

Paralelamente se realizó el análisis del video que se venía utilizando en la realización de la práctica. Se consideró conveniente mantenerlo por ser un video que presenta un proceso productivo de forma continua y secuencial, sin posibilidades de confusión por entradas de materias primas o partes prediseñadas en momentos diferentes al inicio del proceso. Por esta razón, el





trabajo se enfocó en realizar la edición del video convirtiéndolo a un formato que permitiese su reproducción en el computador (formato .mpg), agregando algunas imágenes de apoyo y depurando escenas no adecuadas. Así, el video estuvo en condiciones para mantenerse dentro del software en la nueva estructura de la práctica.

Implementación y pruebas a la práctica

Llegado el momento de la realización de la tercera práctica con los estudiantes y considerando ya solucionados los problemas de inestabilidad de la red en la sala de cómputo, se consideró la posibilidad de realizar la instalación y ejecución de la práctica allí. Sin embargo esto nuevamente no fue posible, ya que los equipos existentes en la sala de cómputo de la Escuela, no se encontraban en el momento equipados con los requerimientos mínimos ni de hardware ni de software necesarios para la ejecución y correcto funcionamiento del software, lo que nuevamente impulsó la necesidad de buscar un lugar diferente donde realizar la experiencia.

En primera instancia, se consideró la posibilidad de continuar la realización de las prácticas en el salón 103, sin embargo reflexionando al respecto se llegó a la conclusión que continuar allí era inadecuado, pues la realización de las prácticas estaba tomando varios días, consumiendo mucho tiempo y desgastando el equipo de trabajo, además de ser en algunos casos inoportuno para los estudiantes, que debían ajustarse y dedicar tiempo adicional a las prácticas, diferente del asignado según su horario.

Con el fin de no aplazar la realización de la práctica, se realizó la gestión para solicitar en préstamo alguna de las salas de cómputo de la Universidad que estuvieran equipadas correctamente. Fue entonces posible de forma rápida obtener un permiso para realizar el laboratorio en la sala de cómputo del INSED. Pese a esto, luego de la instalación se desistió de la idea ya que esta sala tan solo presentaba seis computadores disponibles para los laboratorios, lo que llevaría a la misma situación de tener que dividir los grupos para la realización de las experiencias.

Finalmente, se decidió postergar la realización de la práctica una semana, mientras se realizaba el trámite interno según lo establecido en los procedimientos de la Universidad, para solicitar en préstamo una sala del Laboratorio Luís Eduardo Arias, que sin lugar a duda, presentan la mejor estructura en cuanto a software y hardware se refiere, y son por ende los lugares más adecuados para la realización de cualquier práctica computarizada.





El permiso fue solicitado y aprobado por la administración del LEA, con lo que fueron solucionados de una vez y por todas los problemas técnicos presentados.

Una semana después fue posible realizar el laboratorio correspondiente al diagrama de operaciones en los horarios asignados a cada uno de los grupos de prueba. Por primera vez se realizó la práctica con todos los estudiantes en un mismo horario, lo que permitió probar la capacidad del servidor y el funcionamiento del sistema en red.



Figura 17: Realización de la práctica "Diagrama de Operaciones"

Como conclusión de todo este proceso se obtuvo la clara convicción de garantizar en el nuevo laboratorio unos equipos dotados correctamente según las necesidades mínimas definidas por el programador para el software.

También se concluyó que el tiempo estimado para la realización del diagrama se podría fijar en una hora y media, ya que a pesar de ser un diagrama sencillo se necesita previa destreza del estudiante en el manejo de Visio. Aún así, las ventajas brindadas fueron mayores, ya que los estudiantes realizaban su diagrama en el software, haciendo correcciones y ajustes según lo necesitaran y sin la necesidad de entregar el diagrama físicamente, ya que estos archivos irían a reposar en la base de datos desde donde el docente podría evaluarlos.

3.5.5 Estudio de métodos de trabajo: Diagrama de recorrido

✚ Método actual





El laboratorio que busca la utilización de una de las herramientas para el análisis de métodos de trabajo como lo es el diagrama de recorrido, es el único para el cual no se presentaba la necesidad de disponer de medios audiovisuales para su realización, ya que el proceso era básicamente analizar la distribución actual de planta de un caso presentado y realizar con base en las distribuciones básicas de planta (por módulos y funcional principalmente) una redistribución que disminuyera como primera medida los espacios recorridos.

El docente realizaba al inicio de la práctica las explicaciones pertinentes del tema a tratar y del procedimiento a seguir durante la experiencia, suministraba la información básica de la distribución actual y presentaba el plano en una proyección de acetatos para que los estudiantes tomaran de allí la información restante necesaria para el laboratorio.

A partir de este momento, los estudiantes dedicaban el tiempo del laboratorio (dos horas) a realizar el cálculo de las máquinas necesarias según los recorridos que hacían los productos fabricados en la planta, la demanda de los mismos y la capacidad de los recursos, información suministrada por el docente al inicio de la práctica.

Una vez determinada esta información y con base en las medidas de la maquinaria y el espacio máximo disponible, el estudiante realizaba la nueva distribución de planta debiendo determinar finalizada la experiencia el ahorro en espacio que obtuvo con su propuesta de distribución.

En la gran mayoría de los casos el tiempo de la práctica finalizaba y los estudiantes no habían podido culminar la experiencia, por lo que se conocía ya la costumbre de terminar el laboratorio en casa y presentarlo en la siguiente clase, lo que implica que el tiempo dedicado a esta práctica superaba considerablemente cualquier estadística al respecto.

Método propuesto

La experiencia según se diseñó y programó en el software, permite el buen desempeño del estudiante presentándole como punto de partida el plano de planta inicial. Como apoyo para conocer los productos fabricados y los recorridos que éstos realizan, se preparó una presentación que le indica al alumno como se mueven los productos dentro de la planta, acompañada de una tabla de datos en la que aparece toda la información.



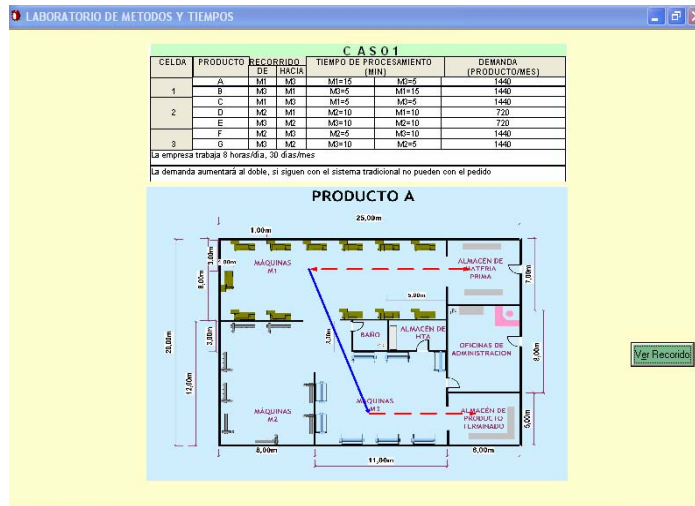


Figura 18: Presentación de la situación inicial

De igual forma que en el laboratorio del diagrama de operaciones, los estudiantes tienen la posibilidad de realizar el nuevo plano en Visio incentivando la utilización de esta herramienta. Así, una vez han conocido el desplazamiento de los productos al interior de la planta, los estudiantes procederán a realizar el cálculo del número de recursos necesarios para suplir la demanda de los productos. Esta información deben registrarla en el cuadro de observaciones y conclusiones que se presenta dentro del software.

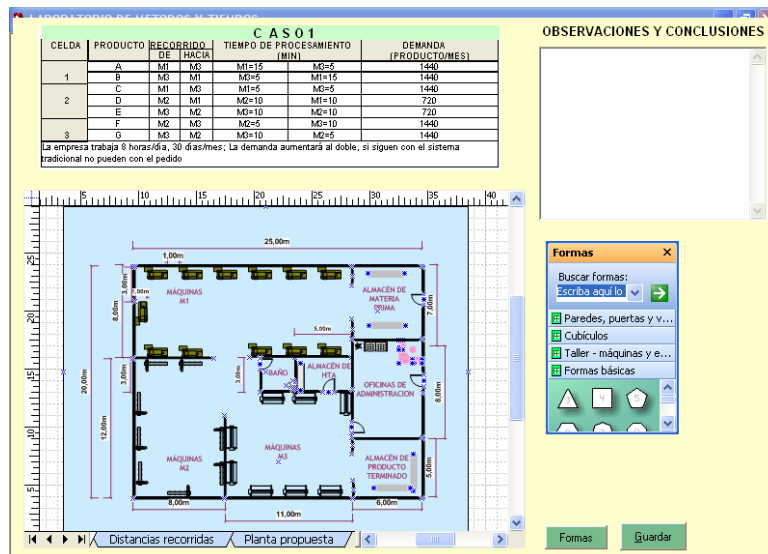


Figura 19: Entorno de trabajo para el rediseño de la planta



El siguiente paso es proceder al rediseño de la planta tomando de la herramienta Visio las opciones necesarias para la construcción (paredes, ventanas, máquinas, flechas de recorrido etc.). Como apoyo al desarrollo de la práctica, los estudiantes pueden consultar la información de base del laboratorio (distribución de planta inicial), que también se presenta en la pantalla.

Una vez finalizado el trabajo, los estudiantes podrán determinar las distancias recorridas por cada producto (o familia de productos). El informe con las observaciones y conclusiones obtenidas, así como el diagrama de recorrido, reposará en la base de datos desde donde podrá consultarla el docente.

Implementación y pruebas a la práctica

Esta práctica fue realizada sin inconvenientes en la sala asignada dentro del laboratorio Luis Eduardo Arias, extrayendo de ella como conclusión enfatizar en los estudiantes la necesidad de conocer y dominar mínimamente la herramienta Visio, pues a pesar de ser suficientes las dos horas para la realización de la práctica, aquellos que no conozcan los comandos básicos y no realicen previamente algunos ejercicios para el levantamiento de planos, tendrán más inconvenientes de los normales.

3.5.6 Estudio de métodos de trabajo: Diagrama Bimanual

Método actual

El último de la serie de laboratorios de métodos realizados, es aquel que permite la práctica de la herramienta de análisis conocida como el Diagrama Bimanual o Diagrama Mano derecha Mano izquierda. Para este laboratorio también se presentaba el video de un proceso productivo con las características necesarias para ser analizado bajo las condiciones de esta herramienta.

Al inicio de la práctica, el docente realizaba la tradicional introducción del tema a tratar en el laboratorio, de los objetivos, recursos y procedimiento a seguir en la ejecución de la práctica. Posteriormente, se aclaraban las dudas que surgieran y se iniciaba sin más preámbulos el laboratorio.

Los estudiantes observaban la proyección del video comprendiendo el método de trabajo y determinando los movimientos y acciones de cada una de las manos. La estructura del video (acciones repetitivas y manuales) que se proyectaban por un tiempo lo suficientemente extendido, permitía una





comprensión sencilla y rápida que llevaba a los estudiantes a la pronta realización del diagrama. En cuanto comprendían el método, debían registrar en un formato prediseñado según se conocía de la materia teórica, las actividades desarrolladas por cada mano, para finalmente entregarlo al docente junto a las conclusiones y observaciones. Se estima que esta práctica tomaba en promedio una hora y media.

Método propuesto

Para la realización de esta práctica, se prediseñó en el software una plantilla en Visio con el formato adecuado para el registro de las actividades desarrolladas por cada una de las manos, esto indica que los estudiantes deben limitarse a registrar la información.

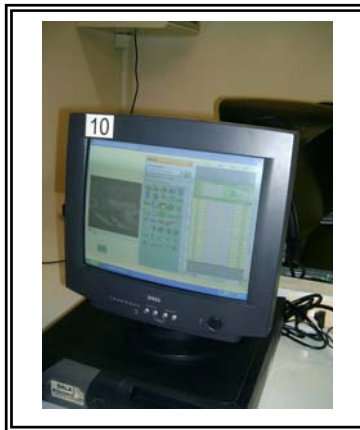


Figura 20: Vista en el computador de la práctica "diagrama Bimanual"

Junto a la plantilla, se presenta el video que puede ser detenido y manipulado según las necesidades de cada estudiante para clarificar el método de trabajo.



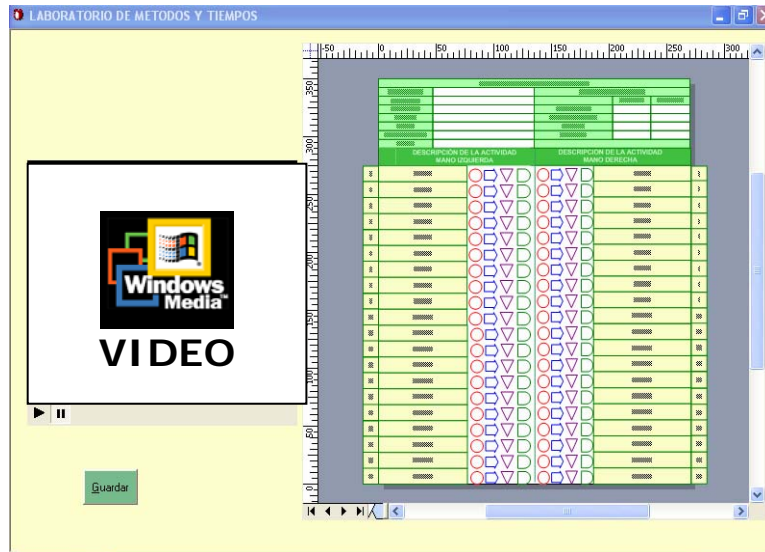


Figura 21: Entorno de trabajo para el diagrama Bimaneal

Para esta práctica se consideró adecuado mantener el video que venía siendo la base para el trabajo en el método anterior, esto se decidió ya que el video presenta las características que facilitan su comprensión y análisis desde el punto de vista del diagrama Bimaneal. De esta forma, se procedió a realizar la edición del video, iniciando con su conversión a un formato .mpg (formato que permite su reproducción en el computador), posteriormente se realizaron los ajustes en las imágenes que se consideraron necesarias.

Implementación y pruebas a la práctica

La práctica se realizó con los estudiantes del laboratorio de Métodos y Tiempos en los horarios previamente establecidos dentro del LEA con gran éxito, siendo necesario tan solo brindar una explicación sobre la manera en que debía diligenciarse el formato. Se estimó que el promedio de tiempo necesario para la realización de esta práctica oscila entre los 45 minutos y una hora.





Figura 22: Realización de la práctica del diagrama Bimanual

3.5.7 Segundo previo

Una vez finalizadas las prácticas de métodos debía realizarse el segundo previo, debiendo el docente realizar la evaluación y corrección de las prácticas. De estas prácticas el docente observa:

- o Diagrama de operación de procesos

El reporte de esta práctica muestra el diagrama de operaciones realizado por el estudiante y el diagrama de operaciones correcto. El docente encontrará el espacio para su comentario y calificación.

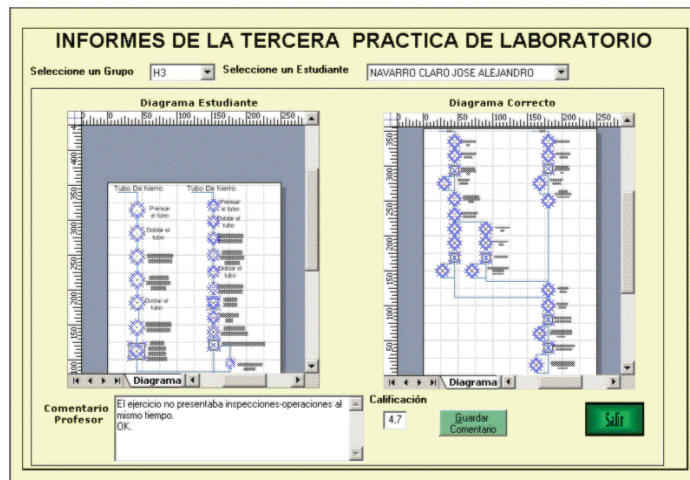


Figura 23: Informe de la primera práctica de métodos





- o Diagrama de recorrido:

El informe de esta práctica muestra el diagrama de recorrido propuesto, así como los comentarios y observaciones del estudiante. De igual forma, el profesor encontrará los espacios adecuados para su evaluación y calificación cuantitativa.

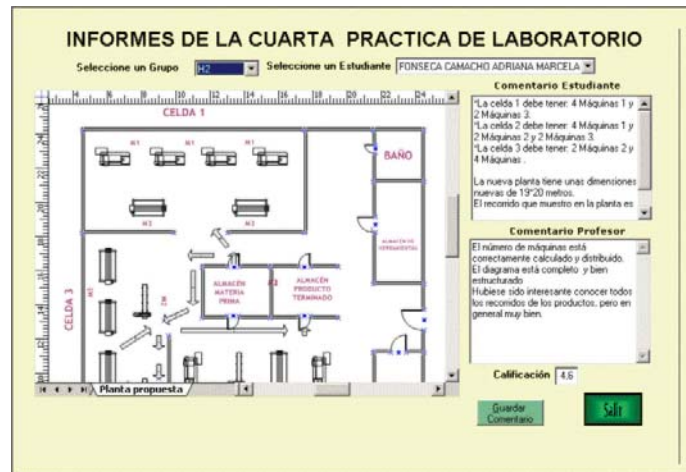


Figura 24: Informe de la segunda práctica de métodos

- o Diagrama Mano Bimanual

El informe de esta práctica presenta el diagrama del estudiante y el diagrama correcto. El docente podrá hacer su comentario y colocar la calificación al estudiante.



Figura 25: Informe de la tercera práctica de métodos





Con esta información generada, los estudiantes pueden consultar sus resultados y responder las preguntas formuladas en el previo.



Figura 26: Presentación segundo parcial

De esta forma se finalizó la programación y las pruebas al software, permitiendo obtener una herramienta completamente depurada y útil que podrá entrar en funcionamiento en cualquier momento. A manera de información, la descripción detallada de las prácticas, los procedimientos y las funciones tanto del módulo estudiante como del módulo docente, pueden consultarse en los manuales correspondientes.

Con antelación se ha mencionado que dentro de la estructura de los nuevos laboratorios de Métodos, se consideró pertinente mantener las prácticas de introducción a temas de producción posteriores como la producción JIT y la TOC. De esta forma, se designaron estas prácticas como se describe a continuación:

3.5.8 Producción justo a tiempo: Sistemas Kanban

Método actual

Para esta práctica ha diferencia de las tocadas anteriormente que correspondían a los estudios de métodos y tiempos, era necesario realizar por parte del docente una descripción más detallada de la temática que rodea la práctica, esto debido a que en los anteriores laboratorios los temas tratados han sido vistos con anterioridad por los estudiantes en la asignatura teórica que lleva el mismo nombre del laboratorio, mientras que esta práctica, junto a





la de TOC, no han sido tratadas y podría decirse que son completamente desconocidas para los estudiantes.

Con base en esto, el docente realizaba una explicación de los sistemas JIT lo suficientemente clara como para comprender por lo menos el tema a tratar en el laboratorio (es decir los sistemas Kanban), luego de lo cual se realizaba la explicación de la práctica y de los recursos a utilizar.

Posteriormente, el docente se disponía junto a los estudiantes a preparar el aula de clases de tal forma que facilitase la realización del laboratorio, para ello, se simulaba una línea de ensamble juntando pupitres y retirando aquellos que no fuesen necesarios, en la línea se ubicaban los estudiantes que participarían como operarios, mientras que el resto del curso estaba de espectador. De esta forma, era posible realizar el ejercicio para comprender la importancia de la producción justo a tiempo.



Figura 27: Realización de la práctica de Kanban

Entre tanto, los estudiantes que hacían las veces de espectadores, debían registrar la información que se generaba en el formato de datos realizado previamente al laboratorio según el modelo brindado en el manual. Para el correcto registro de la información podían apoyarse en el cuadro de datos que se colocaba en el tablero.

Una vez finalizada la experiencia, la información era compartida con los estudiantes que estaban participando como operarios dentro de la práctica, para que todos pudiesen entregar el informe con las observaciones y conclusiones obtenidas, según los objetivos de la práctica. Este informe era entregado finalizado del laboratorio.





Método propuesto

La experiencia se mantuvo tal como se ha realizado hasta el momento, excepto por el lugar para la realización de la práctica, ya que a partir de la fecha podrá realizarse en el laboratorio de prácticas que pensando precisamente en esta clase de experiencias, ha sido adecuado con un gran mesón para la simulación de las líneas de ensamble.

3.5.9 Teoría de Restricciones: Eventos dependientes y fluctuaciones estadísticas

Método actual

Como se ha mencionado, este laboratorio junto al de Kanban, necesitaban de una introducción teórica más profunda que en el resto de los laboratorios. Por ello, el docente debía explicar los conceptos básicos de TOC con el fin de garantizar la realización correcta de la experiencia. A continuación, el docente realizaba la explicación del procedimiento a seguir en la práctica, describiendo los objetivos a utilizar.

Como en la práctica de Kanban, era necesario crear en el aula de clases la simulación de una línea de ensamble haciendo el arreglo con pupitres y sillas según fuese conveniente. Ciertos alumnos participaban de la experiencia haciendo las veces de operarios, mientras el resto del curso, como espectadores realizaban la toma de los datos calculando los índices de medición del desempeño característicos de este ejercicio (desviación acumulada del promedio de productos generados).

Finalizada la experiencia, se compartía la información con los estudiantes que hicieron las veces de operarios, y se entregaba al docente un informe con las tablas de datos, observaciones y conclusiones de la experiencia.

Método propuesto

Toda la estructura se mantuvo para la nueva estructura, diferenciándose únicamente el lugar de la realización de la práctica, que ahora podrá ser realizada en el laboratorio de prácticas, adecuado con los recursos convenientes para la práctica.





3.5.10 Levantamiento de los manuales

En la medida en que se fueron programando las prácticas, fue necesario ir realizando los manuales como material de apoyo al estudiante para que este comprendiese la nueva metodología a seguir, los objetivos, la herramienta y la descripción del ejercicio a realizar.

Dada la importancia que este nuevo material tenía pues describe una nueva herramienta, era conveniente garantizar su mejor calidad, siendo lo suficientemente claro y mostrando en la medida de lo posible la mayor cantidad de detalles del software. Por esta razón se consideró necesario que el manual llevara imágenes detalladas de la herramienta, señalizando la ubicación de los íconos y funciones especiales.

Se decidió que el manual del estudiante presentaría la siguiente estructura:

- ✚ Número y título de la práctica
- ✚ Objetivos
- ✚ Base teórica
- ✚ Preguntas de apoyo
- ✚ Bibliografía
- ✚ Recursos utilizados
- ✚ Descripción de la práctica

Los primeros tópicos buscaron ubicar al estudiante en el entorno temático adecuado siendo concientes de lo que se quería lograr con la realización de la experiencia. La segunda parte compuesta por los recursos a utilizar y la descripción de la práctica buscaban indicar al estudiante el procedimiento a seguir durante el laboratorio. Cada una de estas secciones fue claramente identificada dentro del manual y para cada una de las prácticas.

Aprovechando la retroalimentación de los estudiantes que actualmente estaban viendo la asignatura y tuvieron la oportunidad de conocer y realizar las prácticas del software, se realizaron los ajustes a la información que se consideró pertinente.

Para las prácticas de JIT y TOC que no fueron incluidas en el software, el proceso se limitó a complementar el marco teórico existente y a realizar la actualización de la información necesaria para la realización de las prácticas, que con el paso del tiempo durante el cual se ha realizado la práctica, se determinó era necesario ajustar.





Una vez finalizado el manual, fue sometido a evaluación por parte de un docente de la Escuela que no dicta la asignatura, para obtener un segundo juicio sobre la conveniencia y claridad de los procedimientos allí descritos. De esta evaluación se obtuvo una nueva serie de observaciones sobre la presentación y la necesidad de complementar apartados específicos que fueron suplidos sin inconvenientes. Posterior a este proceso, el manual se aprobó como el nuevo documento para el laboratorio que será a partir de la fecha enviado a la división de Publicaciones de la Universidad para su reproducción.

Uno de las mejores armas del manual para garantizar la comprensión del software son las imágenes que de éste se muestran, por eso se consideró la conveniencia de una vez aprobado, ser impreso a color para que los futuros estudiantes aprovecharan las ventajas de los gráficos, por esta razón se solicitó una cotización a la División de Ediciones UIS, departamento encargado dentro de la Universidad de la reproducción de textos universitarios, dentro de los que se ha contado hasta el momento el manual del laboratorio de métodos.

Luego de obtener un estimado de lo que podría costar realizar los manuales a color, se consideró no viable la propuesta por exceder demasiado el costo de publicación actual y con ello el costo de venta del manual, que hasta la fecha se ha mantenido aceptable para ser adquirido por los estudiantes. Por esta razón, se determinó que el manual, pese a las ventajas que se perderán, continuará siendo impreso a blanco y negro.

Por otra parte, dado que la herramienta software presenta un módulo para los estudiantes y otro para los docentes, se creó la necesidad de realizar un manual de usuario para los profesores, en los que se da a conocer todas las funciones y facultades que el software les atribuye, siendo una valiosa herramienta para cualquier docente que en algún momento dado requiera utilizar el software. Para el levantamiento de este manual utilizaron de la misma forma que en el manual del estudiante, imágenes del software que facilitan la comprensión de la herramienta.

Dentro de este instructivo, se relaciona adicionalmente a las funciones propias del software para el docente, las necesidades previas de software y hardware necesarias para el funcionamiento de la herramienta, así como la manera correcta de realizar la instalación, siendo este tópico de gran importancia, pues como se menciona en otros apartados de este informe, el software debe ser instalado y trabajado en red, por lo tanto la configuración correcta de la herramienta se hace indispensable para su funcionamiento. Con el fin de clarificar aún más este proceso, se han agregado a este manual imágenes demostrativas de las etapas de instalación y configuración.





3.5.11 Medida del impacto de la nueva metodología

A fin de determinar el impacto que sobre los estudiantes del Laboratorio de Métodos y Tiempos tuvo la nueva estructura y recursos de las prácticas, se levantó una encuesta que debieron contestar los dos grupos de pruebas pilotos seleccionados. La estructura de esta encuesta puede observarse en el Anexo C. De este sondeo pudo concluirse:

- ✚ El 100% de los estudiantes considera que las prácticas tratadas son consecuentes con la asignatura teórica. De esto se concluye que en la nueva estructura se sigue manteniendo la concordancia de la temática abordada.
- ✚ Aproximadamente el 90% de los estudiantes considera completamente claro el material de trabajo y de gran ayuda para comprender las prácticas. De esta observación se concluye que los estudiantes aceptan y comprenden el manual de prácticas.
- ✚ Alrededor del 90% de los estudiantes cree que el software facilita en gran medida el desarrollo de las prácticas. En la mayor parte de los casos, se percibe esta facilidad y ayuda con respecto a los cálculos matemáticos que son necesarios para realizar las actividades de las prácticas.
- ✚ Cerca del 80% de los estudiantes consideran la herramienta didáctica y amigable.
- ✚ Cerca del 60% de los estudiantes considera como desventaja el tiempo suministrado para la realización de la práctica, pues al estar siempre en contra de un reloj se crea cierta presión que puede desvirtuar y distraer al alumno, complicando el desarrollo de la práctica
- ✚ Un estudiante hizo la siguiente observación: "... cuando estemos trabajando ya como profesionales probablemente no dispongamos de este tipo de programas, por ello es importante tener la idea básica del procedimiento, aunque esta situación motiva a implantar más tecnología o a aplicarla en las empresas". Con este comentario es posible dimensionar la visión de los estudiantes que comprenden que lo que la Escuela está ofreciendo es la oportunidad de conocer mejores métodos para realizar estas actividades, motivando desde ya a pensar proactivamente en las empresas.





Luego de todo el proceso, se dan por cumplidos los objetivos que se buscaban con respecto al laboratorio de Métodos y Tiempos, generando toda una nueva estructura que puede entrar en funcionamiento a partir del momento.

3.6 PROCESO DE MEJORAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD I

3.6.1 Temática para los laboratorios

Las necesidades definidas para el laboratorio de Control de Calidad I fueron:

- ✚ Gestionar la adquisición de los equipos de medición
- ✚ Facilitar un espacio físico adecuado para la realización de las prácticas
- ✚ Sentar en un documento escrito la información flotante existente de los laboratorios de Control de Calidad I
- ✚ Reajustar las experiencias para integrar los equipos de medición que se adquirirán

De estos tópicos, la gestión para adquirir los equipos de medición y la adecuación del espacio físico fueron descritos en los apartados 3.3 y 3.4 del presente informe. Continuamos el proceso entonces con la estandarización de las prácticas de Control de Calidad I y la inclusión en las mismas de los nuevos equipos de laboratorio.

De las charlas con los docentes y estudiantes realizadas en la etapa de diagnóstico, fue posible establecer un punto de partida para el trabajo a realizar, caracterizándose el proceso porque la información fue suministrada vía oral debido a la inexistencia de registros que soportaran la temática y realización de las prácticas.

Se puede decir que existía una documentación casi nula, exceptuando un documento de recopilación que había sido levantado por un docente con el fin de iniciar la estandarización. De este documento y junto a la información suministrada por los docentes se partió para obtener finalmente un manual de prácticas que presentara a futuros estudiantes y docentes una serie de experiencias claramente estructuradas.

Al analizar la información existente de forma detallada, se concluyó que en general siempre se ha querido que las prácticas realizadas aborden las siguientes temáticas:





- + Muestreo de aceptación de lotes terminados y materias primas
- + Fuentes de error en el registro de datos (Conceptos de repetibilidad y reproducibilidad)
- + Aplicación de las herramientas básicas del control Estadístico de la Calidad
- + Confiabilidad
- + Técnicas de Taguchi

Se decidió mantener esta temática. Dado que para la prueba de las prácticas era necesario contar con los equipos de medición que serían adquiridos hacia la finalización del proyecto (lo que impedía disponer del tiempo necesario para realizar las prácticas durante el primer semestre del año 2005), se acordó con los docentes a cargo de la asignatura que las pruebas a las prácticas con estudiantes para determinar posibles falencias y ajustes a los documentos, debían realizarse durante el segundo semestre académico del año 2005.

Con base en esto, se decidió que el alcance del presente trabajo culminaría con la recopilación del manual de las prácticas de Control de Calidad I y con el compromiso latente de los docentes de realizar las pruebas y ajustes necesarios para garantizar un documento y procedimiento de prácticas óptimo. Se inició entonces el proceso de construcción de las prácticas para los laboratorios de Control de Calidad I.

3.6.2 Primera práctica: Muestreo de Aceptación

El proceso seguido con la práctica se repitió con cada una de los laboratorios estructurados en los que fue necesario como primera medida, realizar una amplia investigación bibliográfica que permitiese conocer profundamente el tema para posteriormente definir la experiencia a realizar. Luego de éste análisis fue posible precisar la siguiente información como necesaria para que los estudiantes comprendieran a cabalidad la experiencia, esta información se presentaría en el marco teórico del laboratorio:

- + Utilidad de los muestreos de aceptación
- + Técnicas de inspección
- + Definición de los errores tipo I y tipo II al realizar muestreos
- + Explicación del concepto de un plan de muestreo
- + Utilidad de las curvas de operación
- + Construcción de curvas de operación
- + Ejemplo de aplicación





La experiencia a realizar fue construida con el fin de brindar a los estudiantes la oportunidad de ir más allá de la simple aplicación del método para determinar probabilidades de aceptación de los lotes y las demás conclusiones que de las curvas de operación se pueden extraer. Por esta razón, se decidió integrar este proceso para crear en el estudiante un compromiso desde la misma fabricación de producto y así lograr obtener los objetivos planteados en un mínimo de defectuosos.

Por ello se decidió plantear un ejercicio que parte de la fabricación de un producto que para efectos del presente laboratorio se definió como discos de plastilina que oscilen entre 10 ± 2 gramos, necesitándose para ello la construcción de un modelo óptimo de producción que los estudiantes tendrán la oportunidad de diseñar, ya que el laboratorio debe realizarse en varias sesiones.

Con el sistema de producción planteado, los estudiantes fabricarán los productos realizando si lo requieren (y planean) pruebas alternas de calidad en el proceso, para que una vez se termine de producir el lote, se pueda realizar el muestreo de aceptación aplicando el procedimiento planteado en el marco teórico, teniendo como criterio de decisión el peso de los discos que podrán ser estimados en las balanzas electrónicas.

Este laboratorio permite la inclusión de una de las herramientas que serán adquiridas en la convocatoria pública, gracias al proyecto previamente diseñado y ejecutado con la Oficina de Planeación de la Universidad. De manera global, los estudiantes deberán realizar el laboratorio en dos sesiones en las que deben:

 **Primera sesión:**

- Determinar el tamaño y el nivel de aceptación de la muestra (n y c), así como las políticas para realizar el muestreo (muestreo aleatorio simple, registros a utilizar...)
- Construir una curva OC para el plan de muestreo establecido en el paso anterior.
- Diseñar el proceso productivo óptimamente para alcanzar el mínimo de defectos posibles.











Segunda sesión:

- Implementar el sistema productivo; recibirán del profesor cierta cantidad de materia prima (plastilina) para fabricar las 100 piezas.
- Fabricar las piezas
- Realizar el muestreo de aceptación en presencia del cliente.
- Según el nivel real de defectos encontrados y con base en la Curva de Operación Característica obtenida, calcular la probabilidad de que su lote sea aceptado por el cliente.
- Realizar y entregar un informe con toda esta información, que deberá contener: presentación de la situación, información inicial, Cálculos y tablas realizadas, Conclusiones y Observaciones.

3.6.3 Segunda Práctica: fuentes de error en el registro de datos

Era necesario definir entonces dos frentes básicos: la base teórica y la descripción de la práctica. Seleccionar de forma correcta el marco teórico se convirtió en un factor clave, ya que este sería el medio por el cual se que enfocaría a los estudiantes hacia los objetivos que se querían alcanzar. Para esto, se realizó una investigación de entre el amplio material bibliográfico existente en la Biblioteca del Centro de Estudios de Ingeniería Industrial, así como de la Biblioteca Central de la Universidad, apoyados adicionalmente, en la información que es posible encontrar en la Web.

Luego de revisar y evaluar conceptos y temáticas, se seleccionó la siguiente información que debía presentarse en el marco teórico del laboratorio.

-  Una introducción que resalta la importancia de tener procesos de medición adecuados.
-  La explicación de las posibles fuentes de error, que pueden generar la medición incorrecta de una variable.
-  Las técnicas generales existentes para controlar estas fuentes de error.
-  Los conceptos de repetibilidad y reproducibilidad.
-  El método propuesto para cuantificar la repetibilidad y la reproducibilidad.
-  Tópicos generales para el análisis de los resultados obtenidos con el método propuesto.

Una vez dispuesto el marco teórico, se inició la descripción de la práctica y de los recursos a utilizar. Con base en las diferentes experiencias que fueron recopiladas en las entrevistas realizadas a los docentes que en algún momento





del tiempo han dictado la asignatura a los estudiantes, se seleccionó la práctica idónea, siendo ésta la siguiente:

En grupos de tres estudiantes se realizará la medición de algunas piezas de balsa (10) previamente elaboradas y estandarizadas, que serán suministradas por el profesor junto a un calibrador digital, lo que permite la integración de una de las herramientas que serán adquiridas en el proceso de compra de Equipos para los laboratorios de la Escuela, cuyo proceso ya ha sido descrito.

Durante esta práctica dos de los estudiantes serán los evaluadores o inspectores que medirán las piezas de forma aleatoria en tres ocasiones, el tercer estudiante apoyará el proceso y vigilará la correcta recolección de los datos que serán transmitidos automáticamente al computador, gracias a la tecnología de los calibradores digitales.

Como resultado de la experiencia los estudiantes deberán obtener un valor cuantitativo de la variación generada por concepto de la repetibilidad y la reproducibilidad, lo que les ayudará a comprender la relevancia de realizar estos procesos de forma adecuada.

Por último, los estudiantes deben elaborar el análisis de la información, presentándola en un informe que contendrá adicionalmente las tablas de datos, los cálculos realizados, las observaciones y conclusiones. Se espera que este informe sea presentado al inicio de la siguiente clase.

3.6.4 Tercera práctica: Control estadístico de procesos: gráficos de control

Este laboratorio se considera de gran importancia, ya que permite la aplicación de una de las herramientas más útiles en el control de procesos como lo son los Gráficos de Control, acompañados de las demás herramientas básicas complementarias que ayudan a obtener mejores resultados.

Con el fin de brindar una visión global se ha estructurado un marco teórico que describe de una manera no muy profunda cada una de las herramientas básicas para el control y mejoramiento de la calidad, resaltándose entre estas por supuesto los Gráficos de Control (para los cuales se amplía un poco el marco teórico). Se ha considerado de esta forma ya que se asume que el estudiante tendrá un mayor conocimiento del tema y la posibilidad de consultar otras fuentes propuestas en el aula de clase por el docente. Con estas consideraciones, el marco teórico de este laboratorio se compuso de la siguiente información:





- + Importancia de controlar el nivel de defectos en los procesos y productos
- + Concepto del Diagnóstico del proceso
- + Base teórica de la Recopilación y registro de datos
- + Base teórica de los Diagramas de Pareto
- + Base teórica de los Diagramas de causa-efecto
- + Base teórica de la Estratificación
- + Base teórica de los Histogramas
- + Base teórica de los Diagramas de dispersión
- + Base teórica de los Diagramas de control

Dentro del análisis de la información de las prácticas que pudo ser recopilada se encontró que esta experiencia era realizada de muchas formas, siendo la más diversificada. Por esta razón, se hizo un análisis de cada una de las propuestas, seleccionándose la que se consideró la más apropiada para ser tratada bajo el enfoque de los diagramas de control.

La práctica básicamente consiste en construir un juguete de bajo peso conformado por mínimo dos piezas y que armado debe parecer un cubo. Por ejemplo:

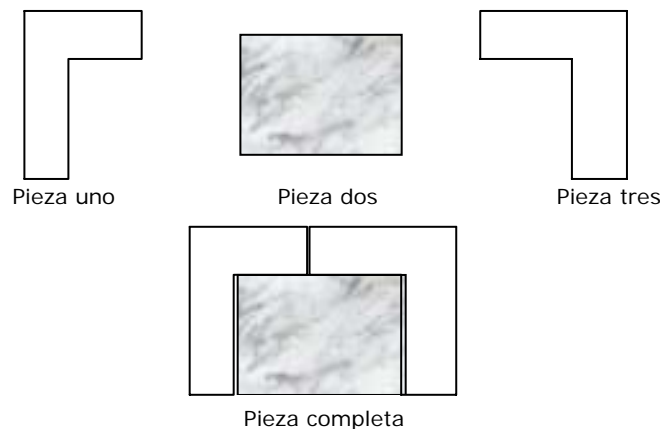


Figura 28: Ejemplo juguete

La función de los participantes será entonces diseñar cada una de las piezas del producto, teniendo en cuenta que según lo previamente establecido el juguete completo debe permanecer dentro de ciertas tolerancias en peso, y





que las piezas deben encajar a la perfección (siendo necesario controlar variables de peso y dimensiones). El juguete deberá ser realizado en Oasis, ya que este material se ajusta a los requerimientos de la compañía.

El grupo ganador será aquel que luego de realizado el proceso completo, haya logrado mantener sus procesos controlados obteniendo productos que se ajustan a los requerimientos del cliente. Por ello, no solo se consideran los resultados sino todo el proceso de mejora.

También se buscó crear un proceso en el que los alumnos deban partir de cero durante la primera sesión para realizar los cálculos y gráficos correspondientes según se necesite. Posteriormente y en la medida en que se aumentan las ocasiones de mejora, los estudiantes deberán realizar y presentar sus gráficos y cálculos en los programas de análisis estadístico y apoyo que existen en la Escuela, tales como Statgraphis, SPSS, entre otros.

De esta forma, la práctica se estructuró para ser realizada en tres sesiones como se describe a continuación:

Primera sesión:

En la primera etapa del trabajo, los grupos se dispondrán a diseñar el proceso y el producto, para determinar las condiciones de trabajo, los materiales y herramientas que necesitan. Para ello, dispondrán del material de trabajo como apoyo para la correcta definición de la situación inicial. Posteriormente, iniciarán el proceso productivo para realizar un primer diagnóstico del proceso, utilizando los gráficos de control y las demás herramientas que sean necesarias.

Todo el trabajo realizado durante esta sesión debe ser efectuado manualmente por los estudiantes (gráficos, cálculos, etc.). los estudiantes deberán entonces:

- Organizar el grupo y distribuir funciones: debe existir un tirador por grupo quien será el encargado de realizar siempre las pruebas, a su vez debe haber un registrador de los datos.
- Establecer el tamaño de la muestra y de los grupos de datos así como la clase de muestreo que utilizarán en el estudio (MAS, Estratificado etc.).
- Diseñar el registro de datos.





- Ejecutar el proceso para obtener las partes del producto, controlando las variables críticas (peso y dimensiones) con las herramientas predestinadas para tal fin (Balanzas y calibradores).
- Realizar un primer gráfico de control de prueba, con el objetivo de conocer el proceso, los histogramas serán muy útiles para señalar las medidas de centramiento y dispersión de los datos.
- Identificar posibles variaciones anormales en el gráfico, determinar su causa y tomar medidas para que en próximas muestras no se vuelvan a presentar. Por el momento se excluirán del estudio siendo necesario recalcular medias y demás parámetros para ajustar el gráfico de control.
- Analizar la situación que se presenta comparándose con las especificaciones del cliente y calculando la Capacidad del proceso, hasta que el proceso no se encuentre bajo control no se podrá continuar.
- Realizar una lluvia de ideas sobre las posibles causas de la variación, catalogándolas como vitales y triviales, apoyándose en los diagramas de Ishikawa y gráficos de dispersión (de ser necesario).
- Identificadas las causas y sus efectos, emprender medidas de mejoramiento para el proceso.
- Realizar un informe para ser entregado en la siguiente sesión que contenga todo el procedimiento realizado, en el que no pueden faltar la presentación de los datos registrados durante la producción de esta sesión; los Gráficos de control resultantes (iniciales); el Análisis de variaciones anormales y correcciones de los gráficos (documentarlo paso a paso); los Gráficos generados en todo el proceso; el Calculo de parámetros (μ_x y σ_x) y comparación con las especificaciones del cliente; las Propuestas de mejoramiento del método (proceso de producción) con miras a reducir el nivel de defectuosos actuales.

Segunda sesión:

En la segunda etapa los estudiantes buscarán monitorear y disminuir la variabilidad del proceso. En esta sesión los cálculos y gráficos necesarios deben ser realizados en el software "Statgraphics". El procedimiento a seguir es:

- Iniciar nuevos gráficos de control manteniendo el centramiento y los límites de control establecidos en la primera sesión.





- Implementar las medidas que hayan sido establecidas para mejorar la variabilidad del proceso.
- Ejecutar el proceso realizando las mediciones correspondientes, según el plan de muestreo predefinido.
- Construir el nuevo gráfico de control. Si se presentan variaciones anormales el proceso debe ser detenido para su análisis y corrección, pues en esta etapa del proceso esta clase de problemas no son tolerables.
- Analizar la mejora del proceso (En crecimiento, en decrecimiento etc. con respecto a la primera sesión). Ante la nueva situación hacer uso de las herramientas estadísticas (Diagramas de Pareto, Histogramas y demás) para encontrar las causas de variación y las posibles soluciones.
- Obtener nuevas propuestas para mejorar la variabilidad del proceso.
- Realizar un informe similar al presentado en la primera sesión, de igual forma éste deberá ser entregado al inicio de la siguiente sesión.

Tercera sesión:

En esta etapa se busca la optimización del proceso y la generación de propuestas que aunque no se van a implementar servirán de base de datos para las mejoras. Todos los cálculos y gráficos necesarios deberán realizarse en SPSS. El procedimiento a desarrollar será:

- Iniciar nuevos gráficos de control manteniendo el centramiento y los límites de control establecidos en la primera sesión.
- Implementar las medidas que hayan sido instauradas para mejorar la variabilidad del proceso.
- Ejecutar el proceso realizando las mediciones correspondientes, según el plan de muestreo predefinido.
- Construir el nuevo gráfico de control. Si se presentan variaciones anormales el proceso debe ser detenido para su análisis y corrección, pues en esta etapa del proceso esta clase de problemas no son tolerables.





- Analizar la mejoría del proceso (En crecimiento, en decrecimiento etc. con respecto a la primera y la segunda sesión). Ante la nueva situación hacer uso de las herramientas estadísticas (Diagramas de Pareto, Histogramas y demás) para encontrar las causas de variación y las posibles soluciones.
- Proponer nuevas acciones para mejorar la variabilidad del proceso.
- Realizar un informe similar al presentado en las anteriores sesiones para ser entregado al inicio del siguiente laboratorio. En este informe deben agregarse los siguientes puntos:
 - ✓ Análisis de la efectividad de las mejoras realizadas, encontrando las razones del éxito o el fracaso de las propuestas.
 - ✓ Conclusiones generales del laboratorio.

3.6.5 Cuarta práctica: Confiabilidad de productos

Esta práctica busca motivar en los estudiantes el deseo por ampliar los conocimientos en la ingeniería de la confiabilidad, estrategia tan bien aceptada y útil en el mercado. El marco teórico luego del análisis de las fuentes y las consultas con los docentes, fue estructurado de la siguiente manera:

- + Importancia de la confiabilidad en los productos
- + Descripción de la vida de un producto (Curva en forma de tina)
- + Técnicas para detectar fallas
- + Cuantificación de la confiabilidad
- + Descripción de sistemas en serie y en paralelo
- + La función de confiabilidad en el tiempo
- + Distribuciones básicas de confiabilidad

Dada la dificultad de realizar un proceso real en el que se pudiesen estimar los parámetros necesarios para determinar la confiabilidad de los productos y sistemas, se decidió que para esta experiencia los estudiantes deberían realizar el proceso analizando una información de entrada suministrada por el docente.

El laboratorio consiste entonces en determinar la confiabilidad de ciertos modelos de bicicleta que un fabricante está pensando en sacar al mercado. Para ello, se brinda al estudiante la siguiente información:

- Factores a tener en cuenta para valorar la confiabilidad de las bicicletas





- Costo de materiales y peso en kilogramos de cada prototipo de bicicleta.
- Resultados de un estudio de mercados en donde se muestra el porcentaje de clientes potenciales que estarían dispuestos a comprar cada prototipo de bicicleta según su estética. También se indicará la demanda semestral estimada de bicicletas.
- Información sobre la confiabilidad, a mayor probabilidad de falla en los primeros años de uso, mayor será el costo de reposición de partes o de garantías.
- Componentes críticos de la bicicleta
- Configuración de los prototipos (formados con la integración de varios componentes)
- Distribución de probabilidad de fallas de cada uno de los componentes

Con ello los estudiantes podrán realizar los análisis necesarios obteniendo como conclusión la recomendación para el fabricante del mejor modelo a sacar al mercado. Todas las observaciones y conclusiones que obtengan, deberán ser presentadas al profesor en un informe finalizado el laboratorio.

3.6.6 Quinta práctica: Desarrollo de productos: Métodos de Taguchi.

Con esta práctica se busca que los estudiantes incursionen en el desarrollo de productos comprendiendo la importancia que tiene invertir en la fase de desarrollo para prevenir gastos en el proceso de producción y peor aún, llevar a los clientes productos fuera de especificaciones que les generarán insatisfacción.

De esta forma se realizó una amplia investigación con fuentes en su gran mayoría de la Web, de donde se logró extraer la información necesaria para describir las principales ventajas y desventajas del Método Taguchi, así como la estructura propia del método. Con base en esto, se estructuró el marco teórico como se muestra a continuación:

- ✚ Condiciones que llevaron al desarrollo del Diseño de Experimentos y el Método Taguchi
- ✚ Concepto de Calidad según Taguchi
- ✚ La función de pérdida de Calidad
- ✚ Descripción del método Taguchi
- ✚ Ejemplo de aplicación
- ✚ Ventajas y desventajas del método frente al Diseño de Experimentos

Posteriormente, se propone una práctica adecuada según las condiciones propias necesarias para el desarrollo del método. La experiencia consiste





entonces en llevar a cabo un experimento para determinar las condiciones ideales bajo las cuales se obtiene la mayor resistencia a la tracción de un aglomerado realizado por los estudiantes con aserrín y almidón y formado según un molde de medidas previamente establecidas.

Los estudiantes (en grupos de tres alumnos) deberán fabricar los aglomerados realizando la composición y cocción de la mezcla para realizar las probetas que deberán ser sometidas a un tiempo prudente de secado (que depende directamente de las condiciones climáticas y el comportamiento del aglomerado para secarse, se aconsejan como mínimo ocho días) antes de ser sometidas a la prueba final de tracción, este proceso de fabricación debe ser realizado en alguna de las casas de los estudiantes debido a la imposibilidad de la Escuela para brindar los recursos necesarios (estufa, materiales, entre otros); de todas formas, una vez las probetas hayan secado, deberán realizarse las pruebas de tracción en el laboratorio de la Escuela.

Durante la fabricación de las probetas, se considerarán las variables que se han determinado como relevantes y para las cuales se desea cuantificar el efecto sobre la resistencia a la tracción. La descripción y niveles de estas variables son descritas en la práctica.

De esta forma luego de la experiencia de fabricación y realizadas las pruebas de tracción, los estudiantes realizarán los cálculos propuestos en el método Taguchi y podrán obtener conclusiones finales. Cabe resaltar en este punto que para el correcto desarrollo de la práctica, los estudiantes deben tener conocimientos de los métodos y modelos propios del Diseño de Experimentos, ya que éstos son la base del método Taguchi.

3.6.7 Levantamiento de los manuales

Con toda la información hasta el momento definida, se decidió realiza el cuerpo del documento siguiendo la misma estructura establecida para el manual de prácticas del laboratorio de Métodos y Tiempos, esto es:

- ✚ Número y título de la práctica
- ✚ Objetivos
- ✚ Base teórica
- ✚ Bibliografía
- ✚ Recursos utilizados
- ✚ Descripción de la práctica





Los primeros tópicos buscaron ubicar al estudiante en el entorno temático adecuado siendo concientes de lo que se quiere alcanzar con la realización de la experiencia. La segunda parte compuesta por la descripción de la práctica y los por los recursos a utilizar, buscaron indicar al estudiante el procedimiento a seguir durante el laboratorio. Cada una de estas secciones fue claramente estructurada, apoyada con gráficos y tablas explicativas como podrá verificarse en el respectivo manual.

Como apoyo al Docente se estructuró un documento que tuvo objetivo brindar una guía en el desarrollo de las prácticas del laboratorio de Control de Calidad I. En este texto se consignó la información que el docente debe conocer de cada una de las experiencias denotadas dentro del manual del estudiante, presentándose en la mayoría de los casos los lineamientos de información adicional que debe darse a conocer y los resultados que el estudiante debe generar.

Se deja abierta además la posibilidad para que los docentes alimenten las prácticas a realizar, depurando posibles errores y agregando nuevas experiencias, siendo necesario dejarlas claramente estructuradas y estandarizadas. Para conocer los pormenores de las prácticas deberá consultarse estos manuales (estudiante y docente).

De esta forma, se dan por cumplidos los objetivos propuestos en el proyecto para el laboratorio de Control de Calidad I.

3.7 PROCESO DE MEJORAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DEL LABORATORIO DE DISEÑO DE PLANTAS

Las necesidades para el laboratorio de Plantas fueron definidas así:

- ✚ Garantizar la adquisición de equipos de medición
- ✚ Garantizar un espacio adecuado para la realización de las prácticas
- ✚ Redefinir el contenido del laboratorio excluyendo de estos el aprendizaje de PROMODEL.
- ✚ Crear un seminario para el aprendizaje de PROMODEL.
- ✚ Iniciar desde cero el planteamiento de las posibles experiencias.

Los dos primeros tópicos (adquisición de equipos y espacio físico) fueron descritos en los numerales 3.3 y 3.4 del presente informe. La exclusión de las prácticas de PROMODEL para crear en su lugar un seminario de obligatoria asistencia como requisito para ver Diseño de Plantas, es una propuesta que se ha hecho a los docentes y que se encuentra en análisis. Por ende, quedaba por





definir las prácticas a realizar en el nuevo contexto, debiéndose estructurar las experiencias partiendo de cero, ya que no se poseen bases de prácticas pasadas que puedan servir como punto de partida.

De esta manera, el proceso se inició con la definición de la temática adecuada a incluir en los laboratorios, considerando los ejes temáticos de la asignatura. Con base en esto se definieron tres frentes:

- ✚ Localización de plantas
- ✚ Levantamiento de planos (como apoyo a los dos ejes)
- ✚ Distribución de plantas

Adicionalmente y considerando que se ha desarrollado una excelente herramienta software titulada ValErgo⁷ para la valoración ergonómica, se ha incluido dentro del manual una pequeña introducción a estas prácticas, que han merecido su propia estructura, con objetivos, base teórica, descripción de las experiencias etc. con las que se puede interactuar al explorar el software.

Cabe aclarar que para las pruebas e implementación de estas prácticas se estableció la misma situación que para las prácticas de Control de Calidad I, ya que la ausencia de los equipos y la mayor complejidad de las experiencias requiere de la atención y compromiso de los docentes y alumnos, lo que indica que sería conveniente realizar las prácticas con estudiantes de semestres venideros. Por esta razón, se decidió que el alcance del presente trabajo terminaría con el levantamiento de los manuales, siendo un compromiso de los docentes que dictan la asignatura, en próximos semestres realizar las pruebas que fuesen necesarias.

Con estos lineamientos claros, se inició la estructuración de las prácticas.

3.7.1 Localización de plantas: Métodos cuantitativos

Siendo uno de los principales frentes del diseño de plantas, lograr la localización adecuada debe ser una práctica común para los Ingenieros Industriales, haciendo estos procedimientos siempre con la mayor objetividad y con base en datos reales. Por ello, motivar el uso de los métodos cuantitativos para esta práctica es una obligación de los catedráticos.

Para el diseño de esta práctica se tuvo en cuenta que existen muchos métodos, de los cuales se tratan los más importantes en las clases teóricas de la

⁷ Desarrollada por la estudiante Carolina Vanegas y la docente Piedad Arenas Díaz.





asignatura. Se consideró importante plantear un ejercicio que involucrara todos los métodos tratados, esto con el fin de tener una experiencia verídica que permita tener elementos de juicio en el momento de definir en que casos es adecuado un método y en cuales no.

Para la estructuración del marco teórico de esta práctica, se consultaron las fuentes bibliográficas presentadas en la asignatura, realizando un análisis de la información y la conveniencia de la misma. Con base en esto se definió que dentro del marco teórico se presentaría la siguiente información:

- ✚ Importancia de la localización adecuada de planta
- ✚ Situaciones que motivan a una localización-relocalización de planta
- ✚ Niveles de la decisión de localización
- ✚ Métodos cuantitativos discretos de localización
- ✚ Métodos cuantitativos continuos de localización

Con miras a crear experiencias más allá de realizar los cálculos, se definieron una serie de prácticas para ser ejecutadas dentro de la Universidad obligando a los estudiantes a enfrentarse a la recolección y organización de la información.

Se plantearon tres casos descritos ampliamente en el documento de soporte al docente, dejando la posibilidad abierta para que éstos amplíen las experiencias. La primera se trata básicamente de localizar una bodega que proveerá de bebidas gaseosas en corto plazo a cada una de las cinco principales cafeterías que existen en la actualidad en la Universidad, definiéndose la ubicación de cada una de ellas. La segunda busca la localización de un nuevo laboratorio de Física I y Física II para los estudiantes de la facultad de Ingenierías físico-mecánicas. En la tercera se trata de encontrar la mejor ubicación para una nueva caja que reciba los pagos por concepto de servicios de Bienestar Universitario, Biblioteca Central y el Laboratorio Luís Eduardo Arias.

Independiente del caso presentado, los estudiantes deben recolectar y analizar la siguiente información:

- ✚ Plano de la Universidad con el que se podrán visualizar los lugares posibles para las ubicaciones.
- ✚ Demanda: Será una tarea del estudiante averiguar el volumen en canastas de gaseosa que demandan en un mismo periodo de tiempo, los estudiantes promedio de la Facultad que cursan el laboratorio de Física uno y dos, el promedio diario de personas que pagan montos en caja





por alguno de los conceptos anteriormente nombrados, o en general, la demanda correspondiente al caso propuesto por el docente.

- ✚ Costo de transporte de una canasta/metro o costo de movilización de estudiantes/metro.

Con esta información los estudiantes podrán plantear cada uno de los modelos mostrados en la base teórica (dos discretos y cuatro continuos). El ejercicio se realizará en tres sesiones, como se describe a continuación:

✚ **Primera sesión:**

Durante la cual los estudiantes deberán:

- Recoger la información que necesitan para la realización del laboratorio: Distancias, costos, etc.
- Plantear y desarrollar los modelos discretos (Ardalán y fuerza bruta), teniendo en cuenta adicionalmente la información de entrada de los posibles lugares de ubicación (información necesaria para los métodos), ésta será suministrada por el docente.

El informe generado de esta práctica deberá ser preparado y entregado en la siguiente sesión.

✚ **Segunda sesión:**

Durante esta sesión los estudiantes deberán:

- Plantear y desarrollar los modelos continuos: Relación lineal-trayectoria rectangular; y relación cuadrática-trayectoria euclidiana.

Además de los modelos desarrollados, deberá entregarse un análisis de los casos tratados frente a los abordados en la sesión anterior, con esta información el estudiante deberá emitir un juicio de la conveniencia de uno u otro modelo, haciendo alusión a las principales ventajas y desventajas que para el caso traería montar la instalación en la localización que el modelo utilizado haya definido como la óptima. Todas las apreciaciones y conclusiones deben estar claramente justificadas. El informe se entregará al inicio de la siguiente sesión.





Tercera sesión:

En la tercera y última sesión los estudiantes deberán:

- Plantear y desarrollar los modelos continuos que necesitan de programas complejos: relación cuadrática-trayectoria rectangular; relación lineal-trayectoria euclidiana. Para esta sesión se necesita algún lenguaje de programación.

Los estudiantes deberán realizar durante la sesión por lo menos el diagrama de flujo del programa que plantean y entregarlo finalizada la sesión. Para la siguiente clase, se entregará un programa que deberá sustentarse. Junto al desarrollo de los modelos, los estudiantes deben entregar un análisis de los casos tratados en la presente sesión frente a los abordados en las sesiones anteriores, finalizando el trabajo haciendo la recomendación del lugar adecuado para la instalación.

3.7.2 Levantamiento de planos

En el momento de realizar el análisis de las necesidades del laboratorio, se llegó a la conclusión que siendo ésta una asignatura que utiliza ampliamente los planos de planta en el trabajo realizado, era una falencia del sistema no brindar a los estudiantes el entorno adecuado que les permitiese como mínimo aprender reglas básicas para el levantamiento e interpretación de planos.

Pensando en esto y considerando adicionalmente que dentro de los equipos que se comprarán para la Escuela según el proyecto aprobado por la oficina de Planeación, se consideran luxómetros y distanciómetros que facilitan la determinación de distancias, se consideró adecuado incluir en los laboratorios un espacio para que los estudiantes realizasen el levantamiento de un plano, haciendo uso adicionalmente de herramientas como Microsoft Visio para apoyar gráficamente el trabajo realizado.

Se inició como de costumbre con la búsqueda del marco teórico adecuado para los manuales de tal forma que se brindase al estudiante la información pertinente y necesaria para la realización de la práctica. Esta búsqueda debió realizarse exclusivamente en la Web y en la Biblioteca Central de la Universidad, ya que en el Centro de Estudios de la Escuela no existe ningún texto al respecto; aún en la Biblioteca Central encontrar información se tornó un proceso tedioso, ya que pese a que la Institución brinda la carrera de Ingeniería Civil que maneja parte de esta temática, el verdadero fuerte lo





posen los profesionales de Arquitectura, y esta carrera no es ofrecida por la UIS.

Pese a esto fue posible encontrar la información básica y pertinente para el alcance del laboratorio, que no va más allá de brindar una experiencia de levantamiento de planos a los estudiantes.

Como aporte importante, se realizó la cotización vía Web con el ICONTEC para la compra de Normas Técnicas Colombianas referentes a convenciones, símbolos y forma de levantamiento de planos, lo que le permitirá a la Escuela tener documentos de base reglamentarios, válidos y actuales aplicables al entorno.

Con el ánimo de diversificar las prácticas, en el documento soporte a los docentes se han dejado posibles lugares dentro de la Universidad en donde se podría realizar el levantamiento del plano, siendo posible cambiarlos según lo considere conveniente el profesor.

El laboratorio será realizado entonces en dos sesiones durante las cuales se llevarán a cabo las siguientes actividades:

Primera sesión:

Como punto de partida, los estudiantes recibirán una pequeña charla-capacitación de la manera correcta de utilizar el distanciómetro.

Se hace necesario informar a los estudiantes que deberán leer con antelación las Normas ofrecidas por el ICONTEC para la presentación de planos, con el objetivo de aclarar dudas o inquietudes que hayan surgido al respecto durante esta sesión. Estas normas serán facilitadas por la Escuela, o si lo prefieren podrán ser adquiridas directamente por los estudiantes en las oficinas de la Institución que las ofrece.

Finalmente, con base en el contenido de las normas, se realizará un ejercicio en Visio para clarificar comandos o aclarar la utilización de símbolos, figuras etc. Al finalizar la clase, el grupo debe entregar en un archivo el ejercicio realizado.

Segunda sesión:

En la siguiente sesión se entregará un distanciómetro a cada grupo, con lo que los estudiantes se dirigirán al lugar indicado por el profesor y realizarán el





levantamiento del plano. Deberán tener en cuenta: espacios, equipos y distribución actual; además deberán conocer que es posible mover y que no, esto les servirá para la realización de las remodelaciones. Se aconseja la realización previa de un registro de datos para toda esta información.

Con esta información, los estudiantes procederán a realizar el plano en Visio teniendo en cuenta las directrices brindadas por las normas. En la siguiente clase deberán entregar al profesor el plano y el registro de datos.

3.7.3 Distribución de planta

Posteriormente se propone la realización de una experiencia de rediseño de planta, con la aplicación del levantamiento de planos. Para ello, se consideró adecuado buscar varios sitios industriales, preferiblemente pequeñas empresas de un bajo nivel tecnológico y que presenten problemas serios de desorganización y mala distribución, como por ejemplo pequeñas fábricas de confecciones, zapaterías o ebanisterías.

Se realizó la recolección de la información necesaria para un marco teórico sólido, de donde se concluyó la inclusión de los siguientes tópicos:

- ✚ Importancia de la distribución de planta
- ✚ Consideraciones básicas para definir la redistribución
- ✚ Distribuciones básicas de planta
- ✚ Metodología para el estudio de la distribución (Método SLP).

El laboratorio será realizado entonces en tres sesiones, según se describen a continuación:

✚ Primera sesión

Inicialmente, los estudiantes serán instruidos en la manera correcta de manejar los distanciómetros y demás equipos que se posean para el análisis de los puestos de trabajo. Esta actividad se hace de refuerzo, ya que para el momento los estudiantes deben conocer las herramientas como el distanciómetro, que utilizaron en el ejercicio de levantamiento de planos. Por eso se considera que esta etapa no consumirá mayor tiempo, permitiendo a los estudiantes realizar una primera visita al taller que hayan seleccionado. Durante esta visita deberán realizar la recolección de información básica y el levantamiento del plano actual con ayuda del distanciómetro. Al inicio de la





siguiente sesión se debe entregar el plano actual acompañado de un informe que describa todo el proceso.

Segunda sesión

En la segunda etapa, los estudiantes aplicarán la etapa de análisis de la metodología SLP para mejora de la distribución actual de la planta, en la que se contempla el análisis de:

- Flujo de materiales (Matriz de origen-destino)
- Relación entre actividades y Diagrama de relaciones
- Necesidades de espacio (análisis del puesto de trabajo: espacio estático y espacio dinámico, memoria local, entradas y salidas del proceso etc.)

Finalmente, los estudiantes deberán realizar un análisis ergonómico, considerándose dentro de este las condiciones de luz, humedad, ventilación, posibilidad de fuentes naturales de aire, luz etc. Para ello, será obligación de los estudiantes investigar las condiciones óptimas para el lugar de trabajo. Al inicio de la siguiente sesión se debe entregar todo este análisis.

Tercera sesión

En la tercera y última sesión, los estudiantes aplicarán las etapas de búsqueda y selección de la mejor propuesta, según la metodología SLP. Para ello, realizarán:

- Levantamiento de nuevas propuestas en planos.
- Análisis de los factores influyentes y las limitaciones prácticas
- Ponderación, evaluación y selección de la mejor propuesta.

Al finalizar la tercera sesión se debe entregar al profesor las propuestas y todo el proceso seguido para la selección de la mejor opción.

3.7.4 Valoración Ergonómica

Con el ánimo de realizar una introducción a la temática abordada ampliamente con la herramienta software ValErgo que ha sido diseñada y programada a la medida de las necesidades de la Escuela, se realiza una pequeña descripción del eje temático del software (métodos de valoración ergonómica). Posteriormente, se hace mención de las actividades a realizar en las prácticas





de Valoración Ergonómica y se invita al conocimiento y experimentación de la herramienta software.

3.7.5 Levantamiento de los manuales

Trabajando sobre el diseño del manual se determinó que éste presentaría la misma estructura que los otros manuales (Métodos y Tiempos; Control de Calidad I), esto es:

- + Número y título de la práctica
- + Objetivos
- + Base teórica
- + Bibliografía
- + Recursos utilizados
- + Descripción de la práctica

Con los primeros puntos se buscó ubicar al estudiante en el entorno temático adecuado siendo concientes de lo que se quiere alcanzar con la realización de la experiencia. La segunda parte compuesta por la descripción de la práctica y los recursos a utilizar buscaron indicar al estudiante el procedimiento a seguir durante el laboratorio. Cada una de estas secciones está claramente estructurada y apoyada con gráficos como podrá verificarse en el respectivo manual. De igual manera se estructuró un documento de apoyo al docente, que tuvo por objetivo brindar una guía en el desarrollo de las prácticas del laboratorio de Diseño de Plantas, tituladas: “Decisiones de Ubicación”.

En este texto se describió la información general y específica de las experiencias que los docentes deben conocer, notándose como característica la presentación de varias opciones para cada uno de los laboratorios, dejándose a decisión del profesor la selección de la práctica a realizar. Se deja en claro de todas formas que las prácticas presentadas no se consideran una camisa de fuerza y por lo tanto se invita al docente a ampliar el listado para hacer más variada y duradera la herramienta.

Con el levantamiento de estos manuales, se consideran cumplidos los objetivos planteados para el laboratorio de Diseño de Plantas, y para todo el proyecto.





CONCLUSIONES

- ✚ Con la elaboración de este trabajo, se considera haber dado cumplimiento a cabalidad a todos los objetivos propuestos en el proyecto.
- ✚ Como resultado de este trabajo se ha obtenido:
 - Manuales de prácticas para los estudiantes, de los laboratorios de Métodos y Tiempos, Control de Calidad I y Diseño de plantas.
 - Documentos soporte para los docentes, de los laboratorios de Métodos y Tiempos, Control de Calidad I y Diseño de plantas.
 - Software para el desarrollo de las prácticas de Métodos y Tiempos
 - Aula exclusiva para el desarrollo de las prácticas
 - Equipos de medición para los laboratorios (este proceso está finalizándose ya que depende del departamento de Contratación de la Universidad).
- ✚ Un proceso de mejoramiento como el emprendido con los laboratorios de prácticas de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, es casi como crear una pequeña empresa que necesita de una planeación efectiva, suficiencia de recursos económicos y de personal, siendo necesaria la alta disponibilidad de los equipos de trabajo. Es así como realizar la implementación de este proyecto demandó efectuar de manera constante toda una serie de importantes etapas que se pueden relacionar directamente con aquellas necesarias para iniciar un compañía:
 - **Sondeo de las necesidades a suplir:** Se realizó el análisis de los requerimientos de los estudiantes de Ingeniería Industrial que son a ciencia cierta los clientes finales del proyecto. Para ello, se trabajó con base en las necesidades de la Escuela que como empresa cliente tiene la responsabilidad de garantizar la satisfacción de los estudiantes.





- **Una definición del perfil del negocio:** Esto se realizó durante todo el diseño de la parte física y de los nuevos recursos a utilizar, siendo necesario consultar en el medio las posibilidades existentes.
- **La constitución de la organización:** que no es otra cosa más que la ejecución de todas las actividades programadas con el fin de alcanzar los objetivos finales.
- **El ingreso al mercado:** que se hizo con pruebas pilotos para detectar falencias y llevar a cabo correcciones, como una medida para asegurar en el mercado final una aceptación total.

Y como una pequeña empresa que es, necesita de dirigentes que se preocupen por su bienestar y por garantizar que en cualquier momento del tiempo se estará ofreciendo a los clientes lo que ellos necesitan.

- ✚ Los resultados obtenidos del presente trabajo, no pretenden ser lo mejor ni tener la última palabra en lo que a tecnología y mejores métodos de desarrollo de prácticas se refiere. Es en su lugar un muy buen comienzo para un proceso de seguimiento y monitoreo de las necesidades de los estudiantes y del mercado laboral, de tal forma que en la medida en que se vayan necesitando cambios, éstos puedan realizarse con la confianza que genera saber que es posible su implementación; y sin esperar a que los recursos y métodos sean completamente inútiles y obsoletos.
- ✚ Dada la naturaleza de novedoso que tienen algunos de los productos generados en este trabajo (como por ejemplo el Manual de prácticas de Control de Calidad I y Diseño de Plantas), y considerando que no fue posible realizar pruebas para estos trabajos, es necesario que el proceso de depuración y optimización sea afrontado por los docentes (o por un equipo interdisciplinario como el conformado para el presente proyecto), con un alto grado de compromiso y dedicación para que lo que se logró hacer en esta etapa no se pierda, lo que implicaría un esfuerzo en vano.
- ✚ Para el correcto desarrollo y desempeño de los nuevos laboratorios se hace necesario que tanto docentes como estudiantes sean capacitados en el uso y utilidad de las nuevas herramientas, pues del conocimiento claro de los recursos ahora existentes dependerá el éxito de la implementación. De lo contrario, el desconocimiento o la complejidad que pueden encontrar aquellos que no entienden el funcionamiento y nueva metodología entorpecerá el proceso de transición.





RECOMENDACIONES

Las condiciones están dadas para que los nuevos laboratorios de la Escuela de Ingeniería Industrial entren en funcionamiento en cualquier momento. Sin embargo, hay varios tópicos que no fueron abordados en este proyecto por encontrarse fuera de su alcance, y que son necesarios para garantizar el correcto funcionamiento la nueva estructura planteada, estos puntos son referentes principalmente a los cambios generados en la temática de los laboratorios y lo que esto implica para la Escuela, ya que la constitución física del aula y la adquisición de los equipos, se encuentran en su etapa final y no requerirán de intervención alguna. A continuación se explican:

- ✚ Disminuir el tamaño de los grupos para el laboratorio de Métodos y tiempos a máximo diez (10) estudiantes. Esta situación ya ha sido sustentada y se debe a que con la nueva metodología, los estudiantes realizan los laboratorios de forma individual, lo que implica tener un recurso exclusivo cada estudiante. Esta situación es crítica con el número de computadores del que se dispondrá en el laboratorio, que como ya es sabido no superará los diez (10) equipos.
- ✚ Definir un espacio para los laboratorios de Control de Calidad I. Según lo analizado cuando se formuló el levantamiento de las prácticas para esta asignatura, se concluyó que para la realización de los laboratorios era necesario asignar a la materia un tiempo adicional (por ejemplo cuatro horas para laboratorio), con el fin de que el docente pueda de manera interna dividir su grupo de estudiantes (que generalmente supera los treinta alumnos) para que puedan realizar las prácticas cómodamente en el laboratorio.
- ✚ Adquirir con la Escuela de Eléctrica y Electrónica algunos tensiómetros o máquinas de pruebas de tracción que permitan la ejecución de la quinta práctica de Ingeniería de la Calidad, prueba que incursiona en el diseño de productos aplicando el método de Taguchi.
- ✚ Crear un seminario para el aprendizaje de PROMODEL. Esta es una medida que intenta redistribuir el tiempo destinado a las prácticas de Diseño de Plantas, que hasta el momento se dedica al aprendizaje de esta herramienta de simulación. Es necesario tomar esta acción para permitir que el tiempo del laboratorio pueda ser empleado en las prácticas que han sido propuestas y que abordan temas específicos de





Diseño de Plantas. Sin embargo, pese a la necesidad de sacar los talleres de PROMODEL, se comprende la importancia y ventajas que esta herramienta trae a los estudiantes, por lo que se aconseja darle continuidad a su enseñanza.

- ✚ Realizar la compra de las normas ICONTEC que ya han sido cotizadas y que contienen los lineamientos necesarios para levantar planos. Este recurso es necesario para guiar a los estudiantes en la manera de levantar e interpretar un plano, según se ha definido en los laboratorios de Diseño de Plantas.

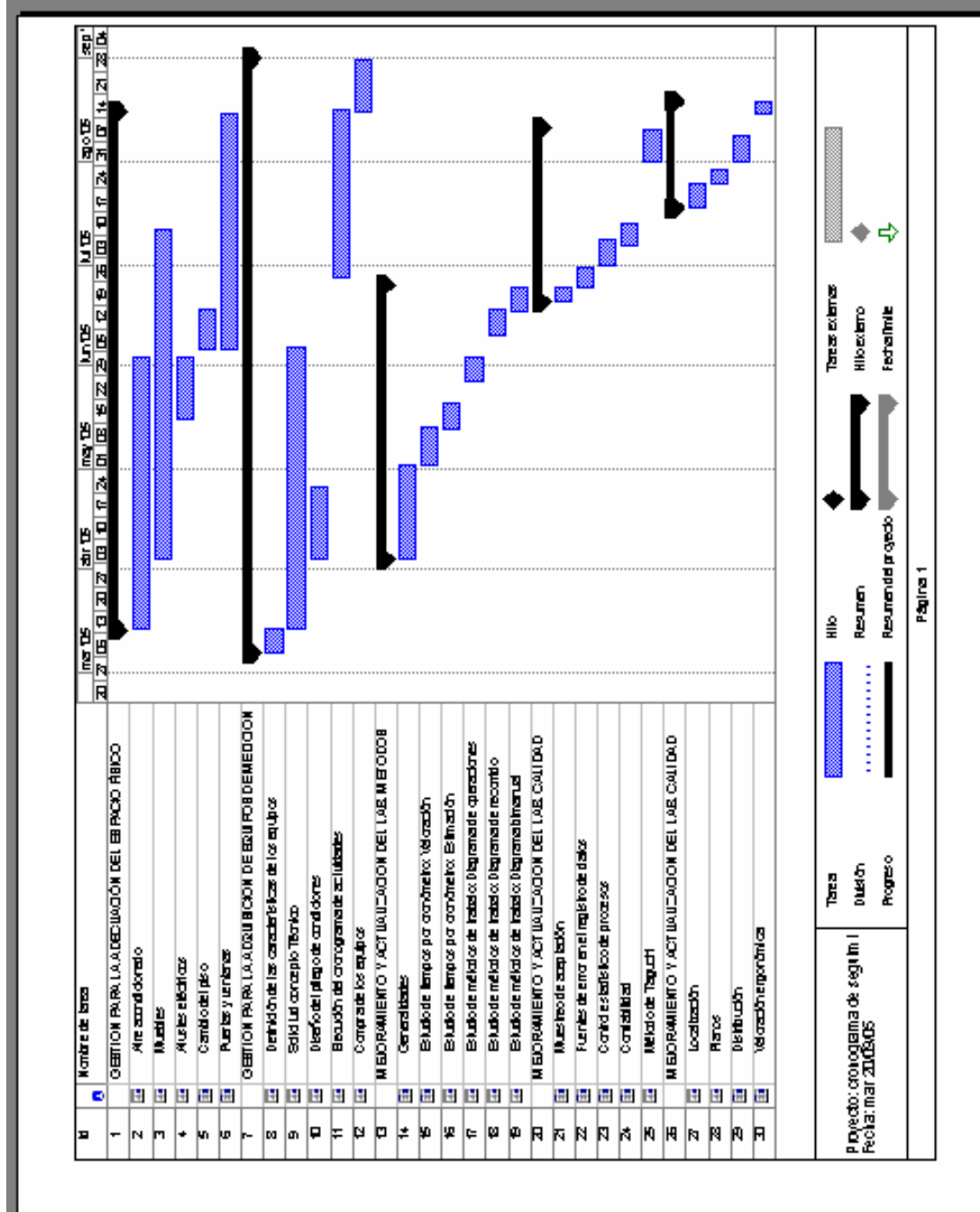
Abordados estos temas, no habrá inconvenientes para el correcto desempeño de los laboratorios.





ANEXO B

CRONOGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL PROYECTO





ANEXO C ENCUESTA DE FINALIZACIÓN

Con el fin de evaluar la pertinencia del nuevo modelo del laboratorio de Métodos y Tiempos, por favor conteste la siguiente encuesta:

1. Los temas tratados en el laboratorio son afines con la asignatura de Métodos y Tiempos:

Totalmente	
En su gran mayoría	
Algunos	
Ninguno	

2. Son suficientes la asesoría y el espacio para consultas antes y durante la realización de los laboratorios:

Siempre	
Casi siempre	
Algunas veces	
Nunca	

3. Las guías presentadas para la realización del laboratorio son claras y facilitan la realización de los laboratorios:

Siempre	
Casi siempre	
Algunas veces	
Nunca	

4. El software facilita el desarrollo de las prácticas:





Siempre	
Casi siempre	
Algunas veces	
Nunca	

¿Por qué?:

El método anteriormente utilizado para la realización de las prácticas requería el uso de medios audiovisuales y videos para entregar la información de entrada a los estudiantes; de igual manera, cualquier cálculo matemático o diagrama que tuviera que realizarse, debía hacerlo completamente el estudiante. Con base en esto, conteste:

5. ¿Qué ventajas encuentra en la nueva metodología; considera que ahora puede concentrarse más en los objetivos de las prácticas?

6. ¿Qué desventajas encuentra en la nueva metodología; considera complejas y de difícil comprensión las nuevas herramientas utilizadas?





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- + Besterfiel. Control de Calidad. Prentice Hall.
- + Domínguez Machuca José. Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Editorial McGraw Hill. Madrid 1995.
- + Elwood Buffa; Rakesh Sarin. Administración de la producción y las operaciones. Limusa Noriega Editores.
- + Evans James. Administración y Control de la calidad. Editorial Thomson.
- + Garavito Edwin Alberto. Diseño de Plantas. Material de clase.
- + Goldratt Eliyahu M. La Meta. Ediciones Castillo. Méjico. 1993
- + Juran Joseph. Manual de Control de Calidad, Tomo I.
- + Kume, Hitoshi. Herramientas básicas de la Calidad. Editorial Norma.
- + Niebel Benjamín. Ingeniería Industrial: Métodos, Tiempos y Movimientos. Editorial Alfaomega. Méjico. 1990.
- + Nigel Slack; Stuart Cambers y otros. Administración de Operaciones. Compañía Editorial Continental S.A.
- + Noori Hamid y Radford Rusell. Administración de operaciones y producción. Calidad total y respuesta sensible rápida. Editorial Mc GrawHill. Madrid 1997.
- + Oficina Internacional del trabajo. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra, Suiza. 1997.
- + Ortíz Néstor Raúl. Análisis y Mejoramiento de procesos. Manual de prácticas.
- + Umble Michael y Srikanth M. L. Manufactura Sincrónica. Editorial CECSA. Méjico. 1995
- + <http://apuntes.rincondelvago.com/interpretacion-de-planos.html>





- ✚ <http://apuntes.rincondelvago.com/planos-de-instalaciones-industriales-y-manufactura.html>
- ✚ <http://apuntes.rincondelvago.com/dibujo-arquitectonico-y-perspectiva.html>
- ✚ www.cema.edu.ar/publicaciones
- ✚ <http://club.telepolis.com/geografo/urbana/planos.htm>
- ✚ www.edinumen.es/pdf/tema5.pdf
- ✚ www.emagister.com/disenio-parametros-metodo-taguchi
- ✚ www.itch.edu.mx/academic/industrial/ingcalidad
- ✚ www.goldratt.com.mx
- ✚ www.metas.com.mx
- ✚ www.moralestoc.com
- ✚ www.proyectosfindecarrera.com/planos-proyecto.htm
- ✚ www.rogo.com
- ✚ www.sim.com.co
- ✚ www.tdx.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/
- ✚ <http://tolkien.cua.edu.co/portal/>

