

Instructivo para elaborar informes de laboratorio

Revisado por: Departamento de Ingeniería Mecánica y Centro de Español
Universidad de los Andes
Última Actualización: 25/07/2016

Introducción

La habilidad de elaborar informes de laboratorio es fundamental para un ingeniero mecánico. Este será el tipo de documento que más producirá durante los cursos de la carrera, por lo cual es importante que desarrolle la competencia de comunicarse efectivamente por medio de estos. Al realizar estos informes, usted desarrollará criterios de análisis para comparar los conceptos de los cursos con sistemas reales, adquirirá rigurosidad para seguir y reportar un procedimiento y pondrá en práctica diversos métodos de procesamiento de datos. Más adelante, estas habilidades le servirán de fundamento para producir otros tipos de documentos a nivel profesional, como artículos de investigación, reportes técnicos, informes de diseño, entre otros. Estos informes serán el resultado observable de su aprendizaje en las prácticas de laboratorio; por ello, se espera que usted exponga de manera objetiva el contexto teórico, el procedimiento y los resultados de la práctica y, además, que sustente las conclusiones a las que llegó. En el presente documento encontrará instrucciones puntuales, tanto de estilo como de estructura, para redactar informes técnicos en el contexto de las prácticas de laboratorio.

Tipos de prácticas de laboratorio

Las prácticas de laboratorio varían ligeramente en cada curso en cuanto a su propósito y a su metodología. En el Departamento de Ingeniería Mecánica hemos notado que estas pueden ser de tres tipos: experimentos, ensayos y simulaciones. Estas no son categorías excluyentes, pues en muchos casos se combinan dos de estos tipos o podrían incluso estar los tres. Es importante tener esta distinción en mente pues esto afecta algunas secciones del reporte, principalmente las de introducción y método. Todos estos tipos de práctica, no obstante, tienen en común el propósito de verificar una hipótesis (sin ella, el informe sería meramente descriptivo, sin un componente de análisis), lo que varía en cada caso es el tipo de hipótesis planteada y la forma de verificarla.

Experimentos

Estas prácticas buscan que usted observe un fenómeno físico y verifique si las mediciones que obtuvo se ajustan a un modelo matemático presente en la literatura, bien sea analítico o empírico. En teoría, al ser cuidadoso con el montaje y la toma de datos, el sistema debería comportarse según el modelo; de no hacerlo, deberá ser crítico para detectar por qué falló la predicción.

Ensayos

Si bien en estas prácticas también se realiza un procedimiento experimental relacionado con un fenómeno físico, el enfoque de los ensayos está en el resultado que se obtendrá y no en el fenómeno que se observará. Es decir, en este caso la hipótesis no es que el sistema se comportará según cierto principio físico (se da por sentado que lo hará), sino más bien que al seguir determinado procedimiento, las mediciones estarán entre cierto rango de valores de acuerdo con lo indicado en la literatura. Los ensayos, además, se caracterizan por seguir un procedimiento estandarizado y bastante riguroso.

Simulaciones

Con estas prácticas se espera que usted configure un modelo computacional y simule su comportamiento bajo ciertas condiciones. La hipótesis, en este caso, sería respecto a cómo espera usted que se comporte la simulación. Para ello podría basarse en un análisis intuitivo del fenómeno físico, un modelo aproximado que le permita hacer un cálculo manual o un modelo empírico. Hacer esta predicción le permitirá ser crítico con los resultados y así verificar si estos tienen sentido físico o no.

Consideraciones de estilo

Seguir un procedimiento riguroso, medir cuidadosamente los datos y calcular correctamente los resultados del laboratorio será de poca utilidad si no comunica claramente sus ideas en el informe. Para evitar esto, tenga en mente que la escritura técnica es objetiva, directa y precisa [1, 2]. Es objetiva pues transmite conocimiento de forma factual y lógica, manteniendo una posición imparcial [1]; es directa pues no da rodeos para expresar una idea y es precisa pues usa el vocabulario adecuado para referirse a cada término.

Existen dos obstáculos comunes que pueden restar claridad a sus informes de laboratorio: exceso de información y redacción incompleta [2, 3]. El exceso de información suele ocurrir cuando el autor amplía su discurso o incluye detalles irrelevantes para obtener una mejor calificación u ocultar un error evidente. Contrario a lo esperado, sobre-escribir en el informe sólo causará indisposición en el lector pues lo llevará a hacer un esfuerzo excesivo para comprenderlo. Una redacción incompleta, por otro lado, da la sensación de que el autor no realizó un análisis a conciencia o no se esforzó por responder las inquietudes del lector. Esto también puede ser el resultado de una prosa sobre-simplificada, carente de un hilo conductor o con ideas no desarrolladas.

Para lograr un balance entre desarrollar bien sus ideas y a la vez ser conciso, tenga siempre en mente el propósito de la práctica de laboratorio. Como se mencionó previamente, este propósito siempre estará ligado a verificar una hipótesis. Todo lo que agregue valor para el propósito del laboratorio, inclúyalo; todo lo que no, edítelo. Hacer esto también le ayudará a mantener la unidad temática del informe pues todas las secciones ayudarán a soportar una sola idea central.

Al momento de escribir el documento, considere también lo siguiente:

- Sus lectores serán ingenieros con su misma formación académica, por lo cual no debe enseñar conceptos, sino más bien demostrar que los comprende.
- La mayoría de oraciones estarán escritas en tiempo pasado: usted está describiendo algo que ya fue hecho [4]. La excepción a esto será principalmente la introducción, que estará escrita en presente, pues en ella usted expondrá el propósito de su trabajo y algunos conceptos.
- Sea que use la voz activa o pasiva, mantenga la consistencia en el documento. La voz pasiva (“se hizo una medición de la velocidad angular”) es más formal pero tiende a complicar el texto, mientras que la voz activa (“medimos la velocidad angular”) es más clara y breve [5]. Pregúntele al asistente graduado o al profesor si tiene alguna indicación específica al respecto.
- Está bien utilizar oraciones simples; esto hace parte de escribir de forma directa.

- Si se bloquea redactando el informe, puede ser útil comenzar por las secciones que tenga más claras (por ejemplo, el método) y dejar al final aquellas que le tomen un mayor esfuerzo (por ejemplo, la introducción) [3].

Estructura del informe

La estructura del informe sigue un patrón clásico de los documentos técnicos, que consta de introducción, método, resultados, discusión y conclusiones [5]. Por convención, en Ingeniería Mecánica hemos decidido adoptar el formato ASME [6]; por ello, es necesario que el informe también incluya al comienzo un resumen y una nomenclatura. A continuación encontrará indicaciones para redactar cada una de estas secciones.

Resumen

Esta sección sintetiza todo el informe en un párrafo corto. Budinski [7] sostiene que todo resumen debería tener los siguientes componentes: objetivo del trabajo, alcance de este, lo que se logró (resultados) y las conclusiones¹. Para incluir todo esto en poco espacio, Budinski sugiere “ser implacable en eliminar detalles y, aun así, completo en comunicar lo que se hizo” [7].

Nomenclatura

Incluya aquí una lista de todos los símbolos que utilizará en las ecuaciones, definiéndolos mediante una frase corta. Organice esta lista en orden alfabético, separando las letras mayúsculas de las minúsculas y también los símbolos latinos de los griegos.

Introducción

En esta sección comienza el informe y, por ello, es importante dejarle claro al lector cuál es su propósito al escribirlo [5]. Dado que el laboratorio hace parte de las actividades de un curso, no hay que explicar por qué lo hizo, sino más bien con qué fin. Es aquí, precisamente, donde usted plantea la hipótesis y los conceptos que la soportan. Haga un esfuerzo por explicar estos conceptos de forma breve y precisa, citando las fuentes de donde los consultó. Por ejemplo,

Según indican Shigley y Mischke [8], la constante elástica de un resorte helicoidal se puede calcular a partir del teorema de Castigliano mediante la siguiente ecuación:

$$k = \frac{Gd^4}{8nD^3} \quad (1)$$

Esta ecuación considera la energía de deformación por torsión que almacena el material del resorte cuando sufre deflexiones pequeñas.

Es útil pensar que las introducciones son como un embudo: parten de algo general y terminan con algo muy concreto de su trabajo. Para comenzar, puede utilizar una frase como “el propósito de este trabajo es ...” [9] o, si lo prefiere, puede iniciar con una descripción del fenómeno físico. Luego de ello, debe ir acotando el tema, mencionando el alcance de su práctica de laboratorio y la estrategia con la cual va a verificar la hipótesis (sin entrar en los detalles del método). Después de

¹ El texto de Budinski incluye también las “recomendaciones”, que aplican en general para reportes técnicos pero no para los informes de laboratorio.

esto, cierre la introducción con los objetivos específicos del laboratorio². Al final de esta sección el lector debería tener una idea clara de lo que presentará más adelante en el informe.

Método

Luego de explicar con qué fin hizo su práctica de laboratorio, describa en esta sección cómo la hizo. Esta descripción debe ser suficientemente específica, de modo que otro ingeniero pueda reproducir sus resultados [5]. En la siguiente tabla encontrará algunos ítems que deberá reportar dependiendo del tipo de práctica³.

Tabla 1 Ítems a reportar en el método de acuerdo al tipo de práctica de laboratorio

	Experimentos	Ensayos	Simulaciones
<i>Preparativos</i>	Instrumentos utilizados con su referencia comercial y especificaciones técnicas (principalmente rango y resolución)		<i>Software</i> utilizado y su algoritmo de solución
	Descripción del montaje y los equipos utilizados. Utilice la ayuda de un esquema (ver Figura 1).	Referencia comercial de los equipos utilizados	
	Si los hay, descripción de los materiales o elementos sobre los cuales se hicieron las mediciones	Especificación de las muestras utilizadas (material, preparación, geometría, configuración, etc.)	
<i>Ejecución</i>	Descripción paso a paso del procedimiento seguido y las mediciones realizadas	Referencia a la norma utilizada y las condiciones a las cuales se realizó el ensayo	Configuración del modelo computacional, sus parámetros y condiciones de frontera. Escenarios de simulación
<i>Procesamiento de datos</i>	Explicación del procesamiento de datos y de la estimación de incertidumbre experimental		

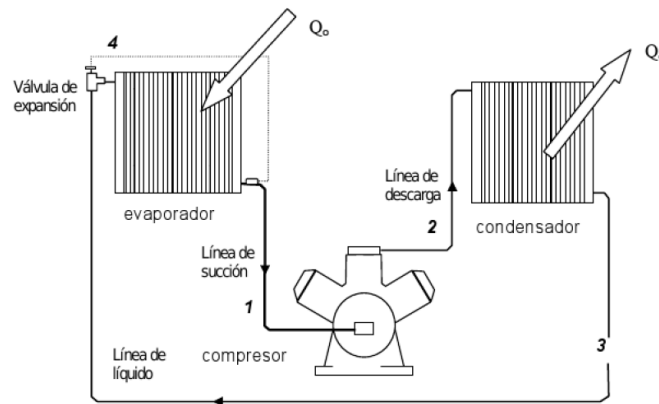


Figura 1 Esquema de un sistema de refrigeración para un laboratorio de termodinámica. Fuente [10]

² En este caso será válido usar los objetivos que aparecen en la guía de laboratorio, sin citarla, pues no tiene sentido que vuelva a redactarlos.

³ Si la práctica de laboratorio combina más de uno de estos tipos, considere separar los diferentes procedimientos con subtítulos.

En el caso de las prácticas experimentales, recuerde indicar cómo estimó la incertidumbre de sus mediciones y, sobre todo, cómo propagó el error de las variables medidas hacia las variables calculadas. Para ello puede acudir a las referencias [11, 12].

$$\delta f(x, y, z) = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} \delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \delta y\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z} \delta z\right)^2}$$

Ecuación 1 Modelo genérico para propagar incertidumbres

Resultados

De las mediciones del laboratorio seguramente obtendrá una gran cantidad de datos; sin embargo, en esta sección usted los mostrará de manera condensada mediante gráficos, imágenes, tablas y ecuaciones que faciliten su interpretación. Piense que la forma en que muestra sus resultados son su carta de presentación ante otros ingenieros, así que procure que estos sean ordenados y sigan las siguientes indicaciones (puede encontrar más en las referencias [11, 7]):

Gráficos

- Reporte en cada eje las **unidades** de la variable representada.
- En la mayoría de ocasiones requerirá una **línea de tendencia** que aproxime la relación entre ambas variables. De ser así, incluya su coeficiente de correlación (R^2) y, si hay suficiente espacio, su ecuación respectiva.
- Dado que las variables tienen una **incertidumbre asociada**, no olvide mostrar las **barras de error** (horizontales y verticales) en cada punto de la gráfica.
- Dado que cada gráfico ocupa un espacio considerable, procure juntar resultados cuando tenga sentido hacerlo (por ejemplo, usando ejes dobles)

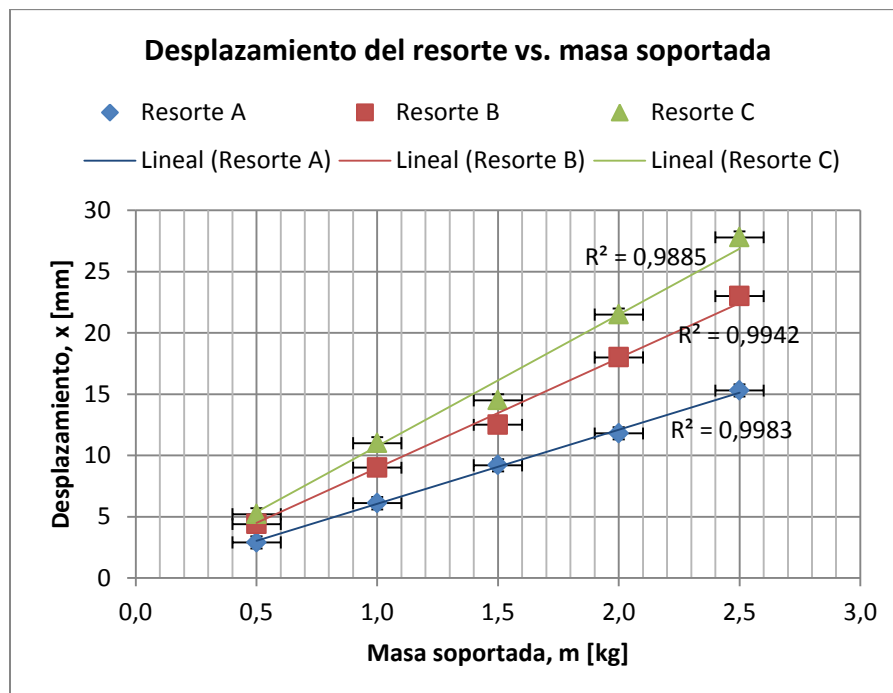


Figura 2 Desplazamiento de los resortes A, B y C a diferentes masas soportadas (datos ficticios)

Imágenes

- En el informe puede ser útil incluir fotografías o imágenes hechas a computador (como los *renders* de las simulaciones). Para las fotografías, cuide que la imagen tenga buen contraste y resolución e incluya siempre una **escala**.

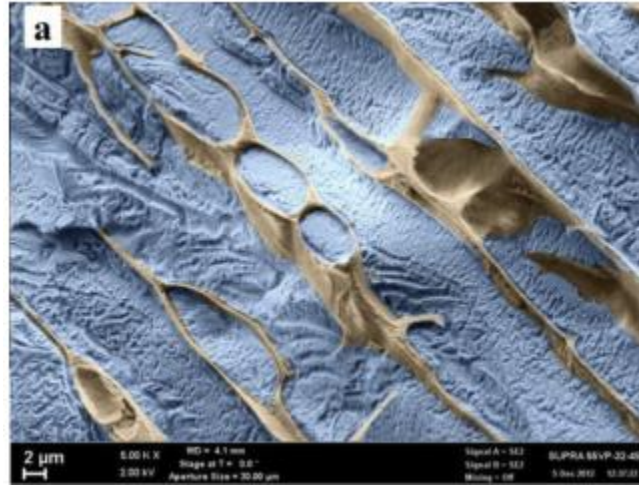


Figura 3 Imagen SEM re-coloreada de una solución de quitosán y nanofibras de quitina durante un experimento de *cryo-SEM*. Fuente [13].

Tablas

- Escriba en cada encabezado las **unidades** de cada variable.
- Use notación científica (3.14×10^{-2} N) o, preferiblemente, de ingeniería (31.4 mN). Generalmente se usa el punto como separador decimal, aunque lo importante es que use siempre el mismo símbolo. Recuerde que cada medición tiene un número máximo de **cifras significativas**, que por lo general es 3 o incluso 4.
- Dado que toda medida experimental tiene una **incertidumbre**, reporte los resultados numéricos como *mejor estimativo \pm error asociado* (por ejemplo, 31.4 ± 0.3 mN).

Tabla 2 Comparación de las constantes elásticas de los resortes A, B y C, con su respectiva incertidumbre (datos ficticios)

	Constante elástica [kN/m]			R ²
Resorte A	1.61	±	0.07	0.9983
Resorte B	1.06	±	0.07	0.9942
Resorte C	0.88	±	0.08	0.9885

Si bien las figuras y tablas deben ser lo más claras posibles, siempre es necesario comentarlas. Al hacerlo, mencione las variables en cuestión, la tendencia general de los datos y aquellos aspectos que llamen la atención. Procure solo describir los resultados, sin analizarlos en profundidad pues para eso está la sección de discusión.

Discusión

Esta es la sección más importante del informe, porque es acá donde usted despliega sus habilidades de análisis y de pensamiento crítico. Si bien en la sección anterior usted describe la información que salió de su experimento, acá tendrá la oportunidad de comentar sobre ella, su

significado y su relación con la teoría que planteó en la introducción. Northey y Jewinski [5] proponen la siguiente lista de preguntas que podrían ayudarle a la hora de discutir los resultados:

- *¿Los resultados reflejan el objetivo del laboratorio?*
- *¿Los resultados están acorde con los hallazgos previos reportados en la literatura? De no ser así, ¿cómo se pueden explicar las discrepancias?*
- *¿Qué pudo haber salido mal durante el laboratorio y por qué? ¿Puede proponer una explicación de este error⁴?*
- *¿Los resultados pudieron haber tenido otra explicación?*
- *¿El procedimiento que utilizó tiene sentido en cuanto a lo que usted esperaba lograr en el laboratorio? ¿Sugiere un mejor procedimiento para una próxima ocasión?*

Además de estas preguntas, es posible que en la guía de laboratorio haya otras específicas que le pidan analizar a partir de los resultados; este es el espacio para responderlas. Recuerde ser objetivo a la hora de argumentar: si existen diferencias entre los resultados esperados y los resultados que usted muestra, coméntelas.

Conclusiones

Cierre su informe con afirmaciones contundentes que resuman sus principales hallazgos, sobre todo si los resultados se ajustaron o no a lo esperado. Lo recomendable en esta sección es escribir una conclusión relacionada con cada objetivo planteado en la introducción. Estas conclusiones, claramente, deben ser coherentes con el análisis que usted realizó en la sección de discusión. Tenga cuidado de no afirmar algo que se salga de la evidencia que le muestran sus datos. Tampoco cometa el error de concluir algo muy general que no es consecuencia directa de su trabajo. Como se indica en [14], “las conclusiones son abstracciones fuertes, definitivas y concretas acerca de los resultados de su trabajo. Cada conclusión puede escribirse en una única oración”.

Referencias

Sea cuidadoso en citar adecuadamente toda idea, frase, imagen o tabla que no provenga de usted. Al no hacerlo, incurriría en fraude, el cual no es tolerado por la Universidad y puede llevar a sanciones disciplinarias. En los informes de laboratorio la forma principal de citación será la indirecta: usted explicará en sus propias palabras lo que encontró en otro documento y debe hacer referencia a él. Otra opción es la cita textual, aunque no se usa casi en estos informes. Todas las citaciones deben hacerse en el formato IEEE, del cual encontrará mayor información en las referencias [15, 16, 17]. Citar manualmente puede ser algo tedioso, así que considere usar herramientas como la bibliografía automática de Word®/LibreOffice, BibTEX o Mendeley⁵.

Comentarios finales

Esperamos que con la ayuda de estas indicaciones usted pueda escribir informes de laboratorio claros, concisos y precisos. Tenga siempre en mente la hipótesis que se propone verificar, de modo que pueda exponer la teoría que la soporta en la introducción, describir paso a paso el método con el cual la observó, presentar los resultados que permitan comprobarla y analizar objetivamente si estos en efecto la soportan. A medida que practique escribiendo varios informes,

⁴ En este contexto “error” se refiere a algo hecho mal durante el montaje o la toma de datos. No confundir con la “incertidumbre”, que está presente en todas las mediciones experimentales.

⁵ <https://www.mendeley.com/>

logrará dominar las habilidades de análisis y comunicación que estos requieren. En la sección de bibliografía encontrará varios materiales de ayuda que exponen con más detalle los puntos aquí tratados (casi todos están en la biblioteca o en internet).

Bibliografía

- [1] C. V. Wicker y W. P. Albrecht, *The American Technical Writer*, New York: American Book Company, 1960, pp. 283-316.
- [2] W. A. Damerst, *Clear Technical Reports*, Harcourt Brace Jovanovich, 1972.
- [3] R. W. Bly, «Avoid These Technical Writing Mistakes,» Junio 1998. [En línea]. Available: <http://web.csulb.edu/~tgredig/docs/TechnicalWriting1.pdf>. [Último acceso: 13 Mayo 2016].
- [4] Department of Mechanical Engineering, University of Minnesota, «Student Writing Guide -- Lab Reports,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.me.umn.edu/education/undergraduate/writing/MESWG-Lab.1.5.pdf>. [Último acceso: Noviembre 2015].
- [5] M. Northey y J. Jewinski, «Writing Lab Reports,» de *Making Sense: Engineering and the Technical Sciences*, Canadá, Oxford University Press, 2012, pp. 40-45.
- [6] American Society of Mechanical Engineers (ASME), «Author Templates,» [En línea]. Available: <https://www.asme.org/shop/proceedings/conference-publications/author-templates>. [Último acceso: 14 Mayo 2016].
- [7] K. G. Budinski, *Engineer's Guide to Technical Writing*, ASM International, 2001.
- [8] J. E. Shigley y C. R. Mischke, «Mechanical Springs,» de *Mechanical Engineering Design*, McGraw-Hill, 2001, pp. 590-597.
- [9] G. H. Mills y J. A. Walter, «Introductions,» de *Technical Writing*, Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1970, pp. 253-271.
- [10] J. E. Castro Rendón, *Laboratorio de Termodinámica - Refrigerador y Bomba de Calor*, Bogotá: Universidad de los Andes, 2014.
- [11] T. G. Beckwith, R. D. Marangoni y J. H. Lienhard V, «Assessing and Presenting Experimental Data,» de *Mechanical Measurements*, Nueva Jersey, Pearson, 2007.
- [12] J. R. Taylor, *An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements*, 2 ed., Sausalito, California: University Science Books, 1997.
- [13] E. M. Ivan'kova, I. P. Dobrovolskaya, P. V. Popryadukhin, A. Kryukov, V. E. Yudin y P. Morganti, «In-situ cryo-SEM investigation of porous structure formation of chitosan sponges,» *Polymer Testing*, vol. 52, pp. 41-45, 2016.
- [14] Universidad de los Andes, «Cómo presentar un informe de ingeniería».
- [15] M. Pérez, M. Romero, E. Suárez y N. Vaughan, «Manual de citas y referencias bibliográficas,» 2015. [En línea]. Available: https://secretariageneral.uniandes.edu.co/index.php/es/component/docman/doc_download/2708-manual-de-citas-y-referencias-bibliograficas.
- [16] Centro de Español de la Universidad de los Andes, «Recursos de Citación,» 2012. [En línea]. Available: <http://programadeescritura.uniandes.edu.co/index.php/centro-de-recursos/citacion>. [Último acceso: Diciembre 2015].
- [17] IEEE, «IEEE Citation Reference,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf>. [Último acceso: Diciembre 2015].