



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI

## GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA

Cartagena de Indias, Colombia  
18 al 21 de septiembre de 2018



# SARA, LA ESTUDIANTE DE INGENIERÍA

**Aliex Trujillo García**

**Universidad Central  
Bogotá, Colombia**

### **Resumen**

Los estudiantes de ingeniería mecánica de la Universidad Central hacen un ejercicio de diseño, fabricación y montaje de una estructura rígida. Esta ponencia es la presentación de la metodología de esa experiencia pedagógica. En el ejercicio se siguen protocolos de interacción en el aula y se obtienen productos de ingeniería mecánica. El ejercicio se llevó a cabo en un proceso de talleres, llevando un registro documental. El estilo narrativo que se escoge corresponde a lo que podría llamarse una ficha de campo.

Una de las estudiantes solicitó la coordinación del ejercicio. Sara coordinó y apoyó el establecimiento e identificación de unas prácticas pedagógicas en la enseñanza de la ingeniería. Sara es parte del, todavía muy pequeño, porcentaje de mujeres estudiantes de ingeniería mecánica en Colombia y en el mundo. Las prácticas pedagógicas son establecidas e identificadas y a partir de ellas, un profesor podrá tomar decisiones para enriquecer la experiencia académica de sus estudiantes. La investigación recoge el caso de Sara, estudiante de ingeniería que tiene unas habilidades, de estudio y gestión, más consolidadas que la de sus compañeros. Tal vez la estudiante tiene estas habilidades porque viene de una línea formativa del colegio técnico y una carrera tecnológica previa. Todos, Sara y sus compañeros, están estudiando el primer semestre del programa.

**Palabras clave:** educación en ingeniería; practicas pedagógicas; experimentación pedagógica

### **Abstract**

*The students of mechanical engineering of the Central University do an exercise of design, manufacture and assembly of a rigid structure. This paper is the presentation of the methodology of that pedagogical experience. In the exercise, interaction protocols are followed in the classroom and mechanical engineering products are obtained. The exercise was carried out in a process of*

*workshops, keeping a documentary record. The narrative style chosen corresponds to what could be called a field record.*

*One of the students requested the coordination of the exercise. Sara coordinated and supported the establishment and identification of pedagogical practices in engineering education. Sara is part of the, still very small, percentage of women mechanical engineering students in Colombia and in the world. The pedagogical practices are established and identified and from them, a teacher can make decisions to enrich the academic experience of their students. The investigation includes the case of Sara, an engineering student who has skills, study and management, more consolidated than their fellows. Maybe the student has these skills because it comes from a formative line of the technical school and a previous technological career. Everyone, Sara and her classmates, are studying the first semester of the program.*

**Keywords:** *engineering education; pedagogical practices; pedagogical experimentation*

## 1. Introducción

Según la base de datos del Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES) el programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Central, tiene un aporte relativo, correspondiente al grupo de referencia de universidades como:

Corporación Alexander Von Humboldt  
Fundación Universidad Autónoma de Colombia  
Fundación Universitaria CAFAM  
Politécnico Grancolombiano  
UDCA  
Uniagustiniana  
Universidad Autónoma del Caribe  
Universidad Católica de Colombia  
Universidad de Ibagué -coruniversitaria-  
Universidad de Manizales  
Universidad de Pamplona  
Universidad EAN  
Universidad La Gran Colombia – Bogotá  
Universidad Libre - B/quilla  
Universidad Popular de César

Para el modelo del ICFES, el aporte que la Universidad Central le entrega a sus estudiantes tiene una magnitud que aprovecha los equitativos requisitos de ingreso. Por esta razón, las universidades, de este grupo de referencia, tienen programas de acompañamiento inicial para el fortalecimiento de las competencias necesarias para tener un exitoso desempeño universitario. Según este modelo, se tiene que, en el grupo de referencia de la Universidad Central, un 49% de estudiantes de ingeniería, son mujeres. El modelo no permite ver que solamente el 9% de los estudiantes de ingeniería mecánica son mujeres, según el Ministerio de Educación de Colombia. En la Universidad

Central, en los últimos semestres, el porcentaje de mujeres, ha estado alrededor de 7% del total de estudiantes en el pregrado de ingeniería mecánica. Este es el texto de una ficha de campo, donde, Sara es una estudiante de ingeniería mecánica de primer semestre de la Universidad Central que coordina una experiencia pedagógica. La experiencia está pensada con prácticas pedagógicas (Díaz, 2014) establecidas y donde aparece una práctica pedagógica. Esta experiencia pedagógica identificada es aquella donde Sara toma la coordinación de un ejercicio completo de ingeniería mecánica.

La división en género ha sido construida socialmente (Bourdieu, 2000), a partir de una diferencia anatómica arbitraria, la diferenciación de los símbolos masculino, femenino, partes complementarias de un todo; viene de los inicios de la cultura occidental. Platón introduce un mito en el dialogo con Sócrates durante el banquete o del amor, aquel mito de los seres redondos y rebotadores, separados por Zeus para multiplicar los devotos y castigar la falta de sacrificios. El corte, practicado por el dios padre, produce las búsquedas entre las partes escindidas, para restablecer la unidad perdida. Con una herramienta de corte, el creador de la cultura que tenemos, separó dos anatomías.

Sara es parte de esa torcedura al curso histórico de los géneros, la división sexual del trabajo, como lo llama el sociólogo francés, es producción simbólica en las relaciones sociales. Por ser simbólica, o sea, de los símbolos, es susceptible de variaciones y variabilidades. Para educarse para ingeniero mecánico hay que acceder a la tenacidad intensa y reiterativa de los algoritmos, las frecuencias, los ciclos y la aplicación. Tradicionalmente, la matemática y la ciencia, y en consecuencia la ingeniería, han sostenido un interés masculino, para el ingreso a este pequeño mundo de los que aman las obras bien hechas, tiene que haber lucha y unas reglas para esas luchas. Este mundo ganado y defendido por lo masculino, siempre ha sido un campo de batalla y todos en la batalla combaten, compiten. La relación entre tipo de anatomía y tipo de producción simbólica, al ser arbitraria, puede modificarse. Como lo ejemplifica Sara, la ingeniería puede ser independiente de una diferenciación anatómica. Sara, como cualquier estudiante, sin prerrogativas, es mejor estudiante que cualquiera de sus compañeros. Sara coordina un ejercicio cuyo producto es una estructura rígida y cuyo proceso queda registrado en su bitácora. Sara es segura y sabe aprovechar la habilidad de cada cual, en los protocolos de interacción que se efectúan.

## **2. Metodología**

Proponemos un ejercicio de diseño y manufactura. El ejercicio pretende recoger prácticas que creemos, son fundamentales en la ingeniería mecánica, tales como los siguientes: planeación, estimación, medición, cálculo, dimensionamiento, representación gráfica acreditada, seguridad industrial, fabricación, control dimensional, montaje y ensayo. Los estudiantes tienen que montar una estructura rígida a través de piezas modulares. Cada estudiante tiene que fabricar dos piezas modulares, con un material que resulta<sup>1</sup> un polímero de alta densidad: un cubo y un eje. Las piezas

---

<sup>1</sup> El resultado está asociado a una práctica pedagógica establecida para proteger la falta de experticia de los estudiantes en la operación de máquinas herramientas. Asumimos que, con material blando (baja resistencia a los esfuerzos cortantes), a bajas velocidades de

modulares son cubos con agujeros y los mismos ejes para todos. La diferencia de los cubos está dada por la orientación de los agujeros y esta orientación de los agujeros depende de la configuración general de la estructura montada con dichos cubos y ejes. La estructura tiene una forma acordada en uno de los talleres de diseño. Dicha estructura se numera y distribuye entre los estudiantes de primer semestre de ingeniería mecánica, de modo que, a cada estudiante, le corresponde el cálculo y la fabricación de un cubo y un eje. Todo el proceso es registrado en la bitácora, donde quedan dibujos, esquemas, cálculos, insertos cosidos, diagramas, notas y datos. Las decisiones que se van tomando en los talleres de diseño, van teniendo una memoria de proyecto. El trabajo de coordinación lo realizó una estudiante. Sara fue la que pidió esta función, en un ejercicio de alta demanda organizativa y de gestión y esto es significativo para la investigación.

El trabajo se realiza con una coordinación centralizada, como sucede en muchas empresas de diseño. Los protocolos están formados por reglas de clasificación de la información aprovechando la disponibilidad virtual de almacenamiento y distribución de la misma. Como se ha dicho, todos los estudiantes tienen su bitácora, la información primaria siempre es manual, por la importancia que tiene la mano en la espacialidad proyectiva (Sennett, 2009). Pero, toda información manual tiene respaldo digital que se organiza en el Drive institucional. Para el ejercicio se decide la forma y dimensiones de las piezas, se distribuye las tareas individuales, se realiza la fabricación y se monta la estructura. Todo lo anterior siguiendo el protocolo de interacción donde, todos tienen acceso a la información de todos. El ejercicio de coordinación más importante que hace Sara, es garantizar que la inversión financiera fuera mínima, por concepto de optimización dimensional del material, o sea, del polímero de alta densidad.

La ponencia la escribimos como si fuera una ficha de campo que ordena un proceso donde, el profesor a cargo de la asignatura, registra lo que acontece en el dispositivo pedagógico taller. Lo que se dispone es el ejercicio como tal del diseño, fabricación y montaje de la estructura rígida. El acontecimiento de haber sido Sara la estudiante que consiguiera un trabajo coordinado de gestión de la capacidad tecnológica, procede del registro del profesor.

### **3. Prácticas pedagógicas en la ingeniería mecánica**

Las prácticas pedagógicas son las acciones dispuestas orientadas a unos fines y también aquellas acciones de las que resulta un aprendizaje. Las prácticas pedagógicas operan en un lazo social entre los agentes educativos. Esto quiere decir, que las prácticas pedagógicas podrían dividirse entre aquellas que se disponen y aquellas que resultan. El ejercicio se planea con prácticas pedagógicas establecidas que se movilizan con un enfoque, esto quiere decir que anticipa unas acciones de las que se esperan obtener unas adquisiciones de los estudiantes. Las prácticas pedagógicas identificadas son acciones que alcanzan a anticiparse, muchas veces en el proceso de educativo llegan a constituirse como determinantes, o sea que, siendo contingentes, se transforman en necesarias por la misma complejidad del proceso educativo. Una posible forma en que se vinculan estos dos tipos de prácticas, es la siguiente: es importante y posible, anticipar,

---

rotación del torno y unos esfuerzos de cortes leves; aumentaba la seguridad industrial de los estudiantes. Sara por su conocimiento de las máquinas y de los protocolos de seguridad funge espontáneamente como apoyo aún más. en la reducción del riesgo de accidente.

como práctica pedagógica establecida, el registro de las posibles prácticas pedagógicas identificadas. Las prácticas pedagógicas, como dice Basil Bernstein (2003), son el qué y el cómo de las relaciones sociales como transmisión social y aquello por lo que las prácticas pedagógicas producen.

... la práctica pedagógica puede entenderse como la articulación de la interrelación de dos prácticas reguladas por el Discurso Pedagógico, la práctica instruccional relacionada con la selección, transmisión y evaluación del conocimiento y competencias legítimas que deben adquirirse y la práctica regulativa incluida en lo instruccional y relacionada con la ubicación de los alumnos en un orden legítimo. (Bernstein & Díaz, 1984)

En la tabla siguiente se presenta la clasificación de algunas prácticas pedagógicas establecidas e identificadas en el dispositivo pedagógico llamado taller de diseño. Las prácticas pedagógicas identificadas, en todos los casos, se deben a las acciones de estudio, operación y gestión de Sara; al solicitar coordinar el ejercicio con protocolo de interacción para un producto de la ingeniería mecánica: la estructura rígida.

<b>Prácticas pedagógicas en la enseñanza de la ingeniería, establecidas e identificadas en el ejercicio</b>	
<b>Práctica pedagógica</b>	<b>Carácter de la práctica</b>
Coordinación del ejercicio	identificada
Planeación de la división del trabajo	establecida
Medición con el calibrador, diámetro externo del eje, diámetro interno de los agujeros.	establecida
Cálculo de la profundidad y diámetro de los agujeros en función de la dimensión de la arista del cubo.	establecida
Dimensionamiento de las piezas	establecida
Representación gráfica acreditada	establecida
Seguridad industrial: overol, gafas, tapones auditivos, botas, zonas de seguridad, precauciones.	Establecida e identificada
Fabricación: Eje en el torno convencional, cubo en la fresadora de tres ejes y los agujeros en el taladro de árbol.	Establecida e identificada
control dimensional	establecida
montaje	establecida
ensayo.	establecida

Ilustración 1 Matriz donde se ejemplifican algunas de las habilidades detectadas y producidas por el ejercicio.

Una habilidad es una capacidad para la acción que está en reserva, en potencia. Lo que se ve de interesante en la habilidad es que puede ser detectada, medida. Lo que se dispone, por ejemplo, con un ejercicio como el que se hace, es poner en operación, en movimiento, algo detectable, y a la vez, susceptible de ser formado.

Sara ya sabía trabajar con las máquinas herramientas convencionales y también con las de control numérico. Sara trabaja en una empresa metalmecánica como operaria, precisamente, de máquinas herramientas. Contesta Sara las preguntas que se le hizo mostrando el importante papel jugado por la familia y el colegio. Organiza las cotizaciones en una hoja de cálculo compartida. Recauda la inversión individual, compra, corta y distribuye el material de cada uno. Respalda al profesor en

la instrucción de los estudiantes en el manejo de las máquinas herramientas. Se asegura que cada uno termine el trabajo en el tiempo de práctica libre en el taller de máquinas herramientas. Cita a los estudiantes, verifica la entrega de las piezas acabadas, dirige el montaje según el plano de conjunto. Finalmente, Sara verifica ante los estudiantes la rigidez de la estructura tal como se había previsto, sin movimiento relativo, para la fuerza en torque de una mano, unos  $0,510 \text{ Nm}^2$ .

#### 4. Sara, la estudiante

Sara contestó, amablemente, una encuesta con diez preguntas. La encuesta tiene respuestas establecidas. Dentro de estas respuestas establecidas, siempre aparece la posibilidad de agregar otra respuesta no contemplada. El instrumento acepta más de una respuesta por pregunta, incluso, acepta seleccionar todas las respuestas en las opciones de las preguntas. En la siguiente matriz aparecen las diez preguntas que contestó Sara (Ver ilustración 2). En la columna de respuestas, están las seis respuestas posibles. Las celdas que aparece sombreadas corresponden a las respuestas que diligenció Sara.

---

<sup>2</sup> Según la publicación del IV Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, CLAIB 2007 Soluciones de Bioingeniería para la salud en Latina, 24 al 28 septiembre de 2007, Isla de Margarita, Venezuela. Editors: Müller-Karger, Carmen, Wong, Sara, La Cruz, Alexandra (Eds.) de Springer Berlin Heidelberg.

No.	Preguntas	Respuestas
1	¿Qué o Quién fue tu inspiración para estudiar ingeniería mecánica?	familia colegio empleo amigos manuales otra ¿Cuál?
2	¿Quiénes te apoyan para que estudies?	familia comunidad empresas bancos fundaciones otra ¿Cuál?
3	¿Cómo te apoyan para que estudies?	financian aconsejan desafían dejan descargan otra ¿Cuál?
4	¿Por qué te apoyan para que estudies?	gratitud finanzas generosidad confianza cualificación otra ¿Cuál?
5	¿Dónde adquiriste las habilidades con las máquinas herramientas?	familia colegio empleo amigos manuales otra ¿Cuál?
6	¿Dónde adquiriste la habilidad para la organización del trabajo?	familia colegio empleo universidad manuales otra ¿Cuál?
7	¿Cómo complementas el trabajo con el estudio?	distribuyendo el día distribuyendo la semana pidiendo permiso sin pedir permiso con los fines de semana otra ¿Cuál?
8	¿Qué fue lo que más anotaste en la bitácora?	dibujos ecuaciones esquemas notas

		datos
		otra ¿Cuál?
9	(Viene de 8): ¿Por qué fue lo que más anotaste en la bitácora?	por importante
		por aburrimiento
		por hábito
		por si acaso
		por gusto
		otra ¿Cuál?
10	¿Cuál crees que haya sido el ahorro, en por ciento aproximado, de material en el ensamble de los cubos con ejes?	0
		de 0 a 5
		de 5 a 30
		de 30 a 50
		de 50 a 75
		otra ¿Cuál?

Ilustración 2 Sara diligenció, de esta forma, el instrumento de encuesta de opción múltiple diligenciado. Las celdas sombreadas corresponden a sus elecciones.

Organizando las preguntas con las respuestas de Sara, se tiene que, la familia y el colegio la inspiraron para estudiar Ingeniería Mecánica. Con el apoyo de la familia, sin el apoyo de la comunidad, las empresas los bancos y las fundaciones. El apoyo que recibe Sara es por concepto financiero y cuando le dan consejo. Por gratitud, fianzas y confianza, es apoyada por la familia. Las habilidades con las máquinas herramientas fueron adquiridas con la familia, el colegio y el empleo. Las habilidades para la organización del trabajo son adquiridas en la familia y en el empleo. Para complementar el empleo con el estudio distribuye tanto el día como la semana, usando incluso, los fines de semana. Lo que Sara más anotó en la bitácora fueron dibujos en primer lugar, ecuaciones en segundo lugar y datos en tercer lugar. Sara anota con dibujos, ecuaciones y datos porque cree que es muy importante y también por hábito, adquirido, como se ha dicho, en el seno de la familia y en el empleo. Sara calculó a principio de semestre el ahorro y lo recordó dos meses después, con la lista de chequeo.

La pregunta diez, apunta a la comprobación de un deseado aprendizaje en el estudiante. Dos meses después, Sara diligencia el instrumento y todavía recuerda el rango de ahorro financiero por concepto de organizar el trabajo y racionalizar los recursos de aprendizaje. También es interesante el papel educador del empleo, fuente de aprendizaje para Sara. En ese mismo sentido, el colegio también juega un papel muy activo en un aprendizaje específico, tal como lo es, el manejo de las máquinas herramientas.

#### 4. El ejercicio

Como ya se ha dicho, Sara solicita ser coordinadora de una actividad de organización compleja. La actividad, que lidera Sara, consiste en el diseño y fabricación, por cada estudiante, de un cubo y un eje de *politetrafluoroetileno* (teflón), con el que ensamblan una estructura colectiva. El profesor fija tres reglas de estricto cumplimiento:

1. La estructura tiene que ser rígida como un chasis.

2. El costo de los materiales tiene que ser cercano al mínimo.
3. Los agujeros, en cada cubo, son independientes y responden a la configuración de la estructura.

Sara dibuja, y al margen de su bitácora, va agregando notas y comprueba los resultados del profesor. Cuando el profesor dibuja, organiza, calcula y anota en el tablero; muchas veces borra y corrige; entonces, Sara y la mayoría de los compañeros, tienen que borrar o tachar, de eso se trata la bitácora, dice el profesor. Al final de la clase, Sara toma unas fotos de la escritura en el tablero y las comparte en una carpeta.

El profesor exige que el material para la fabricación se financie entre todos, para disminuir el costo unitario de los mismos. Los cubos tienen agujeros para los ejes en la cara correspondiente a la conexión establecida y asignada en el plano de la estructura general. Todos los agujeros tienen el mismo diámetro y tiene una profundidad calculada, de modo que no se interceptan. El ensamble es con interferencia dimensional y se ajusta con la fuerza de la prensa de banco.

Los estudiantes, con la coordinación de Sara, realizan los planos a partir de las medidas calculadas con el profesor. Sara cotiza, compra y corta el material en el taller de la universidad y distribuye el material para la fabricación: cubos para fresar y taladrar y cilindros para torneear.

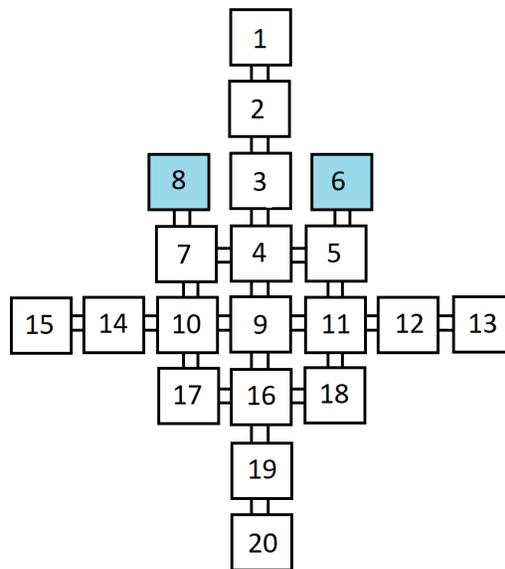


Ilustración 3 Esquema que Sara dibuja para distribuir, entre sus compañeros, las piezas a partir de una configuración total de la estructura rígida.

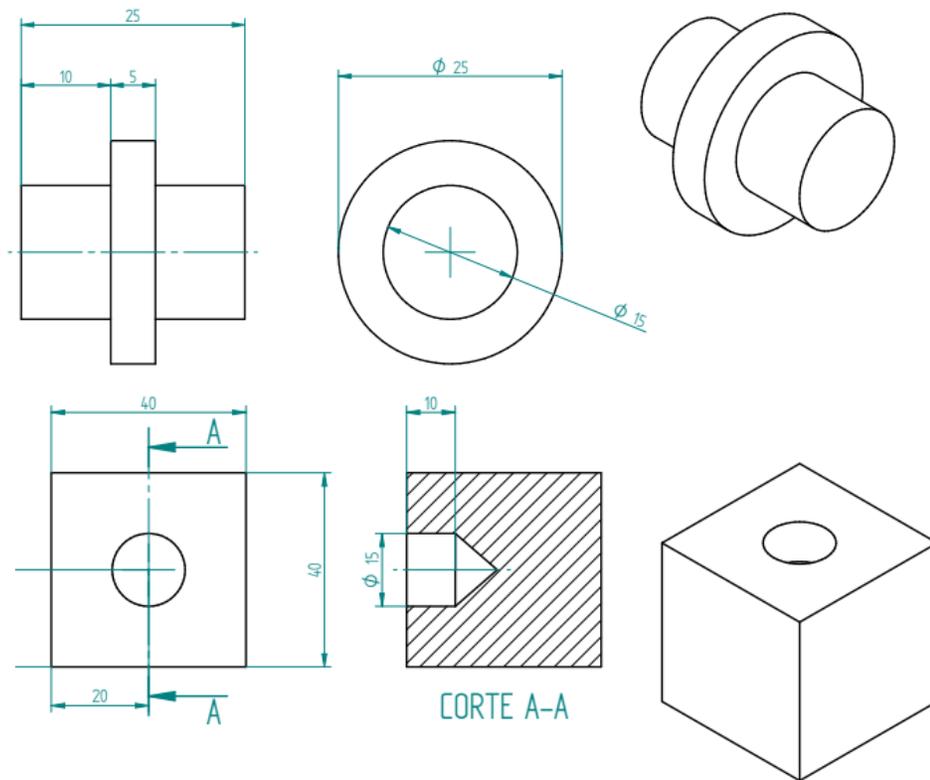


Ilustración 4 Bocetos en CAD de uno de los cubos y del eje, proporcionados por Sara para el uso de sus compañeros de estudio.

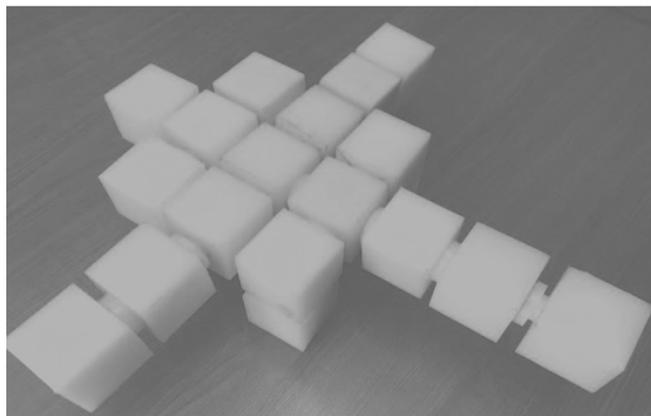


Ilustración 5 Foto, tomada por Sara, de la estructura rígida montada. Vemos claramente el desajuste de la pieza 20, conclusión que consta en el reporte de Sara, así como su causa.

El ejercicio propuesto como práctica pedagógica establecido persigue un producto de la ingeniería mecánica, el cual es la estructura rígida. Es muy importante el dimensionamiento, porque este es el que garantiza el ajuste, para que las piezas de la estructura no tengan movimiento relativo. La tolerancia dimensional de cinco décimas se introdujo como requerimiento tecnológico y de calidad de la manufactura. Algunos estudiantes se equivocaron con las dimensiones finales de los ejes. Para el cálculo de la cantidad de material, Sara había previsto un factor de reserva, de manera

que las piezas defectuosas se pudieron volver a maquinar con éxito. El montaje se hace forzado con el torque de la prensa de banco.

#### 4. Resultados

La investigación tiene unos resultados cualitativos, preliminares y parciales. El profesor, con sus estudiantes de primer semestre, llegan a término un ejercicio de ingeniería mecánica. La metodología del ejercicio sigue la pauta de unas prácticas pedagógicas dentro de un dispositivo pedagógico llamado taller de diseño. Los estudiantes de ingeniería mecánica de la Universidad Central han realizado un ejercicio con una metodología que se constituye en una experiencia pedagógica. La experiencia pedagógica está formada por prácticas pedagógicas establecidas por el profesor que diseña el ejercicio. La experiencia pedagógica, también, está formada por prácticas pedagógicas identificadas, gracias a las técnicas de documentación. Una de estas prácticas pedagógicas identificadas es aquella donde una mujer, estudiante de ingeniería mecánica, coordina exitosamente un ejercicio de diseño, con la solvencia de cualquier otro buen estudiante.

El ejercicio fue un conjunto de práctica pedagógica establecidas, tales como las que se muestran en la ilustración 1. Para esta investigación se abrió una posibilidad de considerar la intervención de Sara como una práctica pedagógica identificada. Esta es una práctica pedagógica con la Sara, para organizar el trabajo de ingeniería mecánica, produce una estructura de propiedades tecnológicas, proyectadas de ante mano con su coordinación asertiva.

En las universidades del grupo de referencia de la Universidad Central, puede ser interesante fortalecer las prácticas pedagógicas con la experiencia establecida en un ejercicio como el que se muestra. El fortalecimiento también implica el soporte de registro con el que identificar prácticas pedagógicas contingentes. El aporte relativo que tiene el ingreso de mujeres procedentes de la educación media tecnológica se puede favorecer con la financiación de las universidades de este grupo de referencia y mejorando el indicador del ICFES.

#### 5. Referencias

##### Artículos de revistas

- Arango Gaviria Luz Gabriela (2006), *Género e ingeniería: la identidad profesional en discusión*, Rev. colomb. antropol. vol.42 Bogotá, Jan. /Dec.
- DÍAZ, M. (2014), *Curriculum: debates actuales. Trazos desde América Latina*, En: *Pedagogía y saberes # 40*. Universidad Pedagógica Nacional, enero-junio de 2014, págs. 35-45.

##### Libros

- Bernstein B. (2003), *Social class and pedagogic practice*, en *The Structuring of Pedagogic Discourse*, Volume IV: Class, Codes and Control, London: Routledge.

- Bernstein B. & Diaz M. (1984), *Towards a Theory of Pedagogic Discourse*. Collected Original Resources in Education, Vol. 8, No. 3, London: Routledge
- Bourdieu P. (2000), *La dominación masculina*, Editorial Anagrama, Barcelona, España.
- Sennett R. (2009), *El artesano*, Barcelona: Anagrama.

### Sobre los autores

- **Aliex Trujillo García:** Ingeniero Mecánico, Magister en Educación y Desarrollo Social, Doctor en Educación. Profesor de la Universidad Central y catedrático del Departamento de Posgrado de la Universidad Pedagógica Nacional. atrujillo@ucentral.edu.co

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)