

## **STE(A)M: ARTE, DISEÑO y ARQUITECTURA EN LA FORMACION DE INGENIEROS.**

Brayan Diaz, Universidad Técnica Federico Santa María, [brayan.diaz@usm.cl](mailto:brayan.diaz@usm.cl)

Leonhard E. Bernold, Universidad Técnica Federico Santa María (USM), [Leonhard.Bernold@usm.cl](mailto:Leonhard.Bernold@usm.cl)

Luis Felipe Gonzalez, Universidad Técnica Federico Santa María, [luisfelipe.gonzalez@usm.cl](mailto:luisfelipe.gonzalez@usm.cl)

Camilo Contreras, Universidad Técnica Federico Santa María, [camilo.contreras.13@sansano.usm.cl](mailto:camilo.contreras.13@sansano.usm.cl)

### **RESUMEN**

En el marco de la propuesta de integración de contenidos en STEM para el desarrollo temprano de competencias profesionales del ingeniero y arquitecto UTFSM, financiada por el Plan de Mejoramiento de Programas de MECESUP (FSM1408-PM), incorporamos de forma inédita en la asignatura IWG101 Introducción a la Ingeniería del primer semestre del Programa de Ingeniería Civil Plan Común una serie de ejercicios destinados tradicionalmente al desarrollo de competencias en arte, diseño y arquitectura. Los estudiantes realizaron croquis de figura humana y artefactos y ensamblaron modelos mecánicos de robots manipuladores móviles para resolver las distintas facetas de un problema auténtico. Aquí describimos la experiencia y abrimos la discusión metodológica.

**PALABRAS CLAVES:** Metodologías APBL-STEM, Arte,, Habilidades intrapersonales, Habilidades de aprendizaje, Satisfacción estudiantil, Arquitectura.

### **INTRODUCCIÓN**

Los nuevos requerimientos laborales implican desafíos para la formación de los ingenieros y arquitectos chilenos. Los empleadores reconocen que el sello de los egresados de la Universidad Técnica Federico Santa María es su capacidad para resolver problemas. Sin embargo, los mismos empleadores describen la naturaleza cada vez más compleja y multidisciplinaria de los problemas que la ingeniería moderna debe resolver, lo que exige versatilidad, capacidad de aprender de forma autónoma y trabajo en equipo (Hurtado, Reyes, Saavedra, Zúñiga & Madrid, 2012). La propuesta de integración de contenidos en STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática, por su sigla en inglés) para el desarrollo temprano de competencias profesionales del ingeniero y arquitecto UTFSM, financiada por el Plan de Mejoramiento de Programas de MECESUP (FSM1408-PM), busca enfrentar estos desafíos realizando un aporte desde el aula, a través de una estrategia que genere iniciativas curriculares con componentes multidisciplinarios de integración de contenidos en STEM a lo largo de los distintos ciclos de formación del estudiante. El objetivo es mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes y promover el desarrollo temprano de competencias profesionales coherentes con las exigencias actuales. Nuestra propuesta incluye una serie de experimentos con métodos de aprendizaje que, una vez evaluados, se pueden escalar y replicar en la institución y eventualmente en otras instituciones del sistema.

La agencia norteamericana de acreditación internacional ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), prioriza la ciencia y el diseño entre las once competencias profesionales mínimas que todo ingeniero debe tener para enfrentar las exigencias actuales. El diseño es el primer punto de encuentro entre la ingeniería y la arquitectura. El hecho que ingenieros y arquitectos aprendan de distinta manera a diseñar, ofrece una oportunidad extraordinaria para intercambiar métodos de aprendizaje, pero sobre todo para conectar distintas visiones. El objetivo de tal intercambio no es simplemente agrandar el arsenal de

conocimientos o herramientas de nuestros ingenieros, sino desarrollar en ellos la capacidad de conectar datos, variar el enfoque y combinar métodos para resolver problemas del mundo real, muchas veces con información incompleta y premura. En otras palabras, intentamos formar ingenieros preparados para el cambio, capaces de adaptarse rápido a las circunstancias y alternar sus modos de pensar al enfrentar problemas complejos, no estructurados, que requieren planificación para ser resueltos y que pueden tener muchas soluciones.

El croquis es para los arquitectos, la principal herramienta de diseño. El croquis o esbozo rápido y esquemático hecho a mano alzada es descrito con frecuencia como una herramienta de comunicación y representación. En nuestro caso, introducimos experimentalmente el croquis en el primer semestre de la asignatura Introducción a la Ingeniería como una herramienta de razonamiento. Desde el punto de vista de la metodología de aprendizaje, el croquis ofrece al estudiante el tiempo necesario para observar con detención el mundo físico, pero también el espacio necesario para verificar el modelo que su mente construye cada vez que aprende algo nuevo. Bajo este enfoque, el croquis también permite al estudiante registrar sus pasos y rastrear los errores cometidos en el pasado. Desde un punto de vista productivo, el croquis es una forma de creación, porque define y fija una intención en un espacio y tiempo específicos.

La maqueta es para los arquitectos, la segunda herramienta de diseño más importante. La maqueta o modelo físico también es descrito con frecuencia como una herramienta de comunicación y representación de algo que ya existe o que está parcial o totalmente definido y sólo requiere ser comunicado. En nuestro caso, también introducimos experimentalmente la construcción de modelos funcionales en el primer semestre de la asignatura Introducción a la Ingeniería como una herramienta de razonamiento. Desde el punto de vista de la metodología de aprendizaje, la maqueta ofrece al estudiante puntos de vista, dimensiones y cualidades físicas adicionales para representar y razonar sobre el mundo físico o una idea –en el sentido de un plan y disposición que se ordena en la imaginación para la formación de una obra.

## **CICLO DE FORMACIÓN INICIAL**

La Universidad Técnica Federico Santa María ofrece a los estudiantes que aún no han decidido cuál área de la ingeniería estudiar, la posibilidad de ingresar al Programa Ingeniería Civil Plan Común. El programa permite familiarizarse con las distintas especialidades impartidas en la UTFSM y una vez aprobado el 100% de los créditos de las asignaturas correspondientes a los dos primeros semestres del programa, postular a una especialidad de acuerdo a la oferta del campus donde esté matriculado el postulante. El programa comparte los dos primeros semestres con todas las carreras de Ingeniería Civil que ofrece la Universidad, incluyendo las carreras de Ingeniería en Diseño de Productos, Químico mención Química Industrial y las Licenciaturas en Ciencias mención Física, Química y Matemática. La formación científica básica en los dos primeros semestres incluye Física, Matemática, Química y Programación. Adicionalmente, todas las carreras incluyen en el primer semestre su propia versión de la asignatura Introducción a la Ingeniería. Esta asignatura es una inserción a la formación y experiencia de la ingeniería con sello USM que busca estimular el interés de los estudiantes por fortalecer su motivación para llegar a convertirse en un profesional de la ingeniería. Posibilitando el desarrollo temprano de competencias transversales y específicas de la especialidad, particularmente aquellas vinculadas con capacidades que faciliten aprendizajes y permitan un adecuado desempeño académico. Esta asignatura de transición desde la educación media a la universidad que persigue complementar conocimientos y habilidades necesarias para que los estudiantes de ingeniería logren éxito en sus itinerarios de formación, fidelizándose con su carrera y con la propia universidad. El estudiante complementa conceptos umbrales desde la programación, la química, la física y las herramientas matemáticas,

utilizándolas en la resolución de problemas. Desarrolla y potencia habilidades transversales, tales como trabajo colaborativo Bernold et al.,(2005, 2007) , habilidades de pensamiento reflexivo y creativo, lectura eficaz y gestión del tiempo. El programa busca la activación de capacidades y la demostración de competencias de formación y aprendizaje significativo en el estudiante de ingeniería

## **DESARROLLO**

El desastre nuclear ocurrido en la Central nuclear Fukushima I en Marzo de 2011 nos proporcionó un problema autentico para que nuestros estudiantes resolvieran mediante el diseño y a integración de contenidos STEM: construir y operar un robot manipulador móvil capaz de sortear escombros y escaleras para medir los niveles de radiación que aún se conservan en el interior del reactor.

El tema central del módulo era la planificación de una inspección robótica dentro del reactor posterior al desastre de Fukushima en el año 2011. Los problemas de contaminación generados por la planta de reactividad nuclear ubicada en las costas de la ciudad de Fukushima hacían imposible el ingreso para el monitoreo del estado de los reactores posterior al desastre natural ocurrido (<http://www.rtve.es/noticias/catástrofe-japon/>). Bajo ese contexto los estudiantes tenían como desafío la contrucción de un robot que tuviera las características necesaria como para hacer ingreso a la plata para medir la reactividad y realizar algunas otras operaciones solicitadas. El robot que debían construir era un prototipo a escala 1:4 del robot que pudo hacer ingreso a Fukushima de manera exitosa, este robot cuenta con 3 partes fundamentales.

## **TEORIA PARA CREAR CONOCIMIENTOS DE MODO EXPERENCIAL**

Se parece que la cotización de Aristóteles “Los seres humanos son curiosos por naturaleza” tuvo que esperar más de 2000 años para ser apreciado. Gracias a Pestalozzi (Delekat 1968), Jean Piaget (1950) y David Kolb (y Fry, 1975), entre otros, la metodología de enseñanza en ingeniería está empezando a tomar una ventaja de la naturaleza humana, el ser curioso. El camino para eso es poner el estudiante en el centro del proceso de educación.

El constructivismo de Piaget y la teoría del aprendizaje experiencial de Kolb se resume en una premisa básica: "la creación del conocimiento es un proceso de interacción continua y dinámica, que considera lo tácito y lo explícito", el alumno construye su conocimiento y el profesor es su "coach". En una clase tradicional, el profesor presentar una lectura en el aula mientras los alumnos escuchan pasivo. La cuestión de cuánto están aprendiendo los estudiantes cuando se escucha ha sido investigada por muchos, incluyendo a Confucio, El NTL Institute *presento una Pirámide del Aprendizaje* en la que se concluye que aprendemos solamente **5%** de lo que escuchamos, el **10%** de lo que leemos, el **75%** cuando hacemos las cosas, y el **90%** cuando lo enseñamos a otros.

El aprendizaje experiencial es holística en el que se basa en el conocimiento previo mediante la adición de nuevas experiencias que son generados por la participación activa del estudiante escuchando, el cuestionamiento, el ensayo y la enseñanza a los demás. Se tiene la intención de anclar los nuevos conocimientos en el cerebro usando todas las posibles herramientas de aprendizaje. Dentro de este objetivo, se destaca que el aprendizaje experimental está profundamente conectado con la teoría constructivista establecido por Piaget (1950) porque el aprendizaje constructivista *explica* que el conocimiento no es algo que pueda transferirse de una persona a otra, sino que se construye por el propio individuo.

La consecuencia de este pensamiento nos lleva a entender la importancia de la enseñanza centrada en el estudiante donde los estudiantes trabajan juntos para construir su base de conocimiento individual utilizando sus habilidades de aprendizaje personales. El proceso de enseñanza y de aprendizaje se desplaza del profesor al alumno (Zavala et. al.,2010). El aprendizaje en equipo se combina con la exploración del alumno reemplaza a la exposición del profesor.

### **EL ROBOT COMO BASE DEL APREDIZAJE**

El robot será el centro de aprendizaje desarrollado en clases, las componentes principales del robot son, el brazo, el chasis y el sistema mecánico. Cada parte del robot fue utilizado como fuente de aprendizaje, el brazo es indispensable para medir la reactividad en los distintos puntos solicitado dentro del reactor, esto lo utilizamos para realizar actividades de trigonometría, necesitamos ubicar la pinza del robot en puntos señalados con coordenadas x,y por lo mismo se debía trabajar en coordenadas polares para determinar los ángulos exactos que requiere adoptar cada eslabón del brazo del robot.



Figura 3 Modelo del robot construido en clases.

Sin embargo, el mayor desafío y más enriquecedor son los problemas de construcción que de vieron enfrentado en el armado del robot, por su puesto ellos debían solucionar varias fallas que presentaban los robot prediseñados, ahí es donde ellos debían trabajar en equipo, utilizar sus distintos conocimientos en matemáticas, físicas y diseño en función de las problemáticas sugeridas.



a) Prototipo del Robot funcional



b) Caja de herramienta para armado del robot



c) Trabajo en equipo en el armado del robot

Figura 3. Modelo final construido por los estudiantes

## **ACTIVIDADES DESARROLLAS EN EL CURSO**

Al comienzo del curso antes de trabajar directamente en los modelos del robot, los alumnos estudiaron técnicas básicas de croquis con tal de entender la figura humana como un sistema complejo compuesto por distintos eslabones y uniones entre ellos, esto se llevó a cabo mediante diferentes maneras de representación utilizando un homologo al brazo del robot que posteriormente estudiarían.

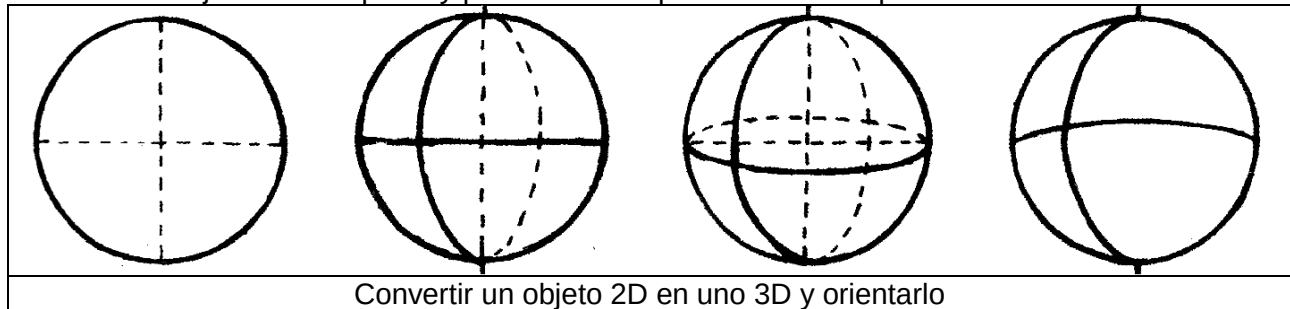
## **CROQUIS DE FIGURA HUMANA Y ROBOTS**

En la arquitectura como en el arte, todo examen de una entidad física o espacio mediante el croquis de sus propiedades visibles, esta conducida por la obsesión de capturar y reproducir su forma, sus partes, el propósito de cada una de ellas y cómo se relacionan entre sí. La figura humana ofrece un excelente modelo de sistema complejo con partes fijas y móviles que se relacionan de distinta manera entre sí para cumplir funciones distintas. Zaidenberg (1945) divide el estudio de la figura humana en cuatro asuntos a abordar: (a) la figura humana en general, que implica aprender las generalizaciones que deben hacerse sobre estructura y movimiento del cuerpo humano, (b) cómo “ver” la figura humana, que implica adquirir un método para verla aplicando simultáneamente un filtro sobre la visión del artista que debiera resultar en un concepto o idea clara y completamente asimilada de lo que tiene al frente, (c) qué “decir” sobre la figura humana, que implica aprender a controlar el aporte de las facetas personales que matizan el concepto generado de lo visto y (4) las técnicas o estilo personal con que el artista aborda estos asuntos, que entre otras, incluyen velocidad, presión y longitud del trazo. Para Zaidenberg (1945), la naturaleza inquisitiva de los dibujos de la figura humana no requiere inspiración o una epifanía, como otros dibujos artísticos, sino más bien un método de eliminación inteligente de todo lo que no es pertinente a lo que el artista tiene que “decir” sobre la figura que está “viendo”. Según Gänshirt (2007), un croquis no es otra cosa que un gesto abstracto y fijo, en donde las dimensiones temporal y espacial de alguna secuencia de movimientos fueron traducidas a puntos, líneas y superficies. Consistentemente, Zaidenberg (1945) indica que el retratar un modelo humano requiere que el artista primero analice la historia que hay detrás de la pose asumida por el modelo, con el fin de capturar la acción de la intención de la pose asumida. Por lo tanto, primero se requiere un análisis de los principales gestos involucrados en asumir la pose y después la traducción de una conclusión mental a un croquis sobre el papel. Esto puede ser visto como una especie de tarea forense o de investigación, por medio de la cual uno o una serie de eventos previos deben ser reconstruidos con el fin de entender a cabalidad la situación actual. Los arquitectos producen muchos tipos distintos de dibujos con propósitos distintos. Lawson (2004) distingue al menos ocho que a menudo aparecen en combinación: (1) dibujos de presentación, (2) dibujos de instrucciones, (3) dibujos de consulta, (4) dibujos de experiencias, (5) diagramas, (6) dibujos imaginarios, (7) dibujos propositivos, y (8) dibujos de cálculo (dimensiones).

Cada estudiante recibió una croquera o cuaderno de dibujo sin líneas, con páginas opacas y traslucidas, además de un juego de lápices de grafito de distinta dureza con el compromiso de “llenarlos” de dibujos y pocas o ninguna anotación durante el semestre. Se les explicó el propósito de estos objetos y la utilidad de usar distintas durezas de grafito según el nivel de detalle del diseño. Así, por ejemplo, dibujar las ideas vagas o preliminares con un lápiz más blando o plumón grueso y las ideas más claras y detalles con un lápiz más duro o fino. Asimismo, se les recomendó dibujar líneas auxiliares o de construcción de una geometría con un lápiz más duro y luego repasar con uno más grueso la figura definitiva, etc. Además, los estudiantes conocieron la importancia de planificar la ocupación del espacio de trabajo, es decir, la hoja de papel, con el objeto de ordenar las ideas y también reconstruir su desarrollo.



Conocieron técnicas básicas para aprender a visualizar el espacio de trabajo, como dividir el papel en cuadrantes mediante líneas auxiliares o dobleces. También se ejercitaron técnicas de dibujo para convertir objetos planos en objetos volumétricos (e.g. un círculo en una esfera), para orientar un objeto en el espacio y para cambiar aparentemente el punto de vista del observador.



Los estudiantes comprendieron como analizar el equilibrio de un cuerpo rígido y como expresar mediante el dibujo dirección y sentido de las fuerzas sin usar flechas.

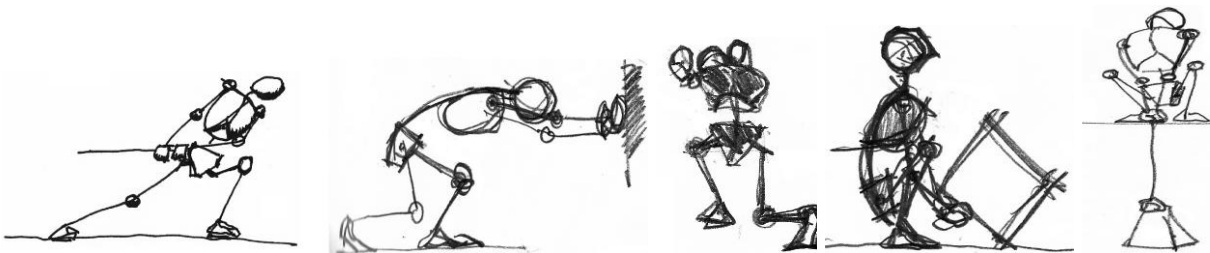


Figura 6. Croquis de figuras humanas ejercicio fuerza en distintas direcciones y sentidos

Para el caso de la cinemática del robot, se entregaron plantillas con diferentes escenarios y actividades que requerían el movimiento de sus partes, para ello no solo debían croquear las figuras entregadas si no que debieron entender los diferentes estados cinemáticos que el robot adopta para realizar diferentes tareas y dibujar el paso desde un estado a otro, como si de un storyboard se tratara.

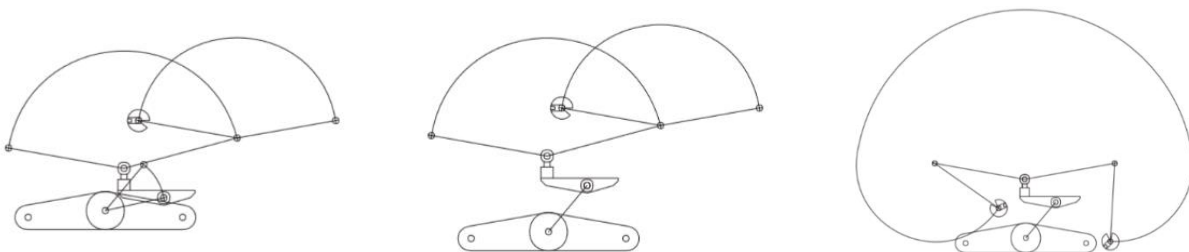


Figura 7. Rango de trabajo para el brazo del robot.

Otro aspecto sumamente relevante trabajado en clases es el área de trabajo que disponía el robot para realizar las mediciones en los distintos puntos solicitados y el balance de gravedad al momento de subir las escaleras o avanzar sobre escombros. Se les pidió a los estudiante construir un modelo mecánico bidimensional del robot con implementos básicos entregados en clases, con esto lo estudiante pudieron dibujar distintos escenarios que podría encontrarse el robot, los más destacados fueron la posición de los brazos para corregir el centro de gravedad del robot al momento de subir una escalera y llegar a un punto de medición atravesando

algunos obstáculos para el brazo del robot. Algunas de estas actividades se pueden apreciar en la figura 6.

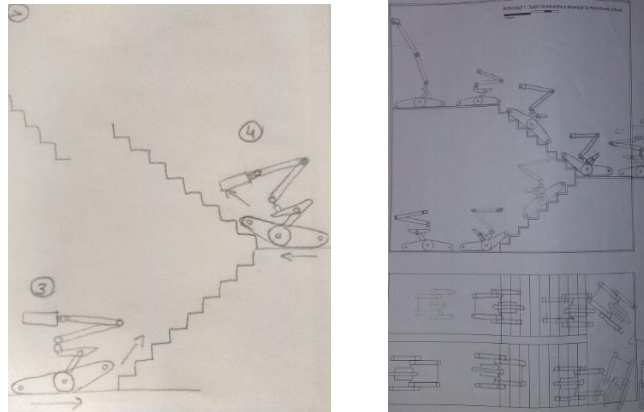


Figura 8. Actividad de croquear con el manejo del centro de gravedad.

Para la parte final del módulo se les solicitó a los estudiantes diseñar una pinza que permitiera abrir una válvula que se encontraba en el segundo piso del reactor. Se les entregó un par de descripciones de la ubicación de la Válvula, como se muestra en la figura 9

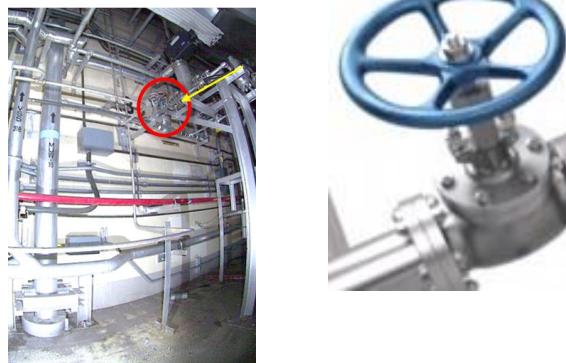


Figura 9. Descripción de la ubicación de la Válvula

Los estudiantes recurrieron a sus pizarras, cuadernos y croqueras para el diseño de distintas herramientas que les permitieron cumplir con dicho requerimiento, una de las grandes dificultades que fueron sometidos es el desconocimiento del estado de la válvula. Debido a la explosión de vapor, elementos de acero y otras piezas pesadas pueden haber caído en las válvulas provocando daños desconocidos. El daño más probable se muestra en la figura 9

Por su puesto la herramienta que diseñada debían estar preparado para encontrarse con una válvula muy dañada, medianamente dañada o muy dañada. Para la clase se llevaron algunos modelos de válvulas reales utilizado en la industria. Dentro de la actividad se hizo un gran hincapié en el problema de torque que está involucrado al momento de tratar de abrir la válvula, por lo mismo se requería que el robot tuviera algún anclaje ya sea a la pared o al suelo evitando así la auto-rotación. Como aderezo se les solicitó que el diseño de la pinza incorporaran algunos sensores para determinar por ejemplo cuando la válvula estuviera totalmente abierta, tomar fotografía o video del estado de la válvula, etc.

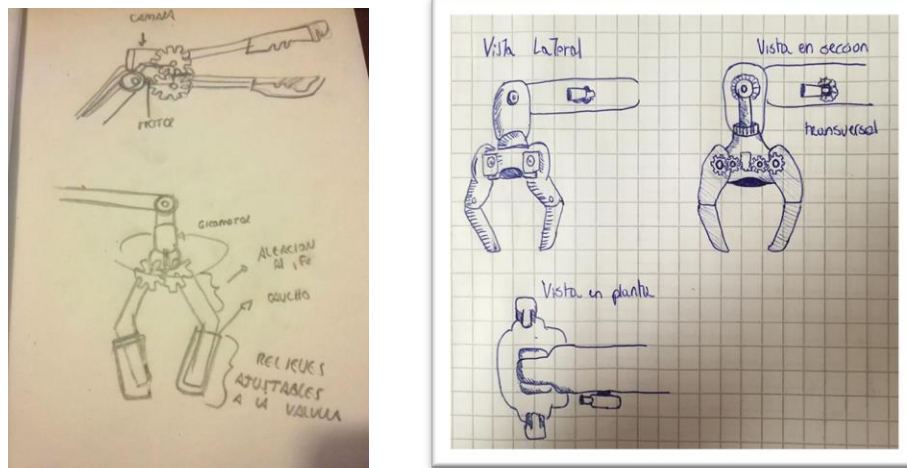


Figura 12. Diseños de pinza para la Válvula dañada en el reactor nuclear.

## RESULTADOS

La forma más interesantes que utilizamos para medir el impacto generado en la incorporación del diseño y arquitectura en un curso de primer año de ingeniería fue la de un diario o portafolio semanal, este diario consistía principalmente en un par de preguntas de carácter reflexivo que se cargaban en la plataforma de apoyo tecnológico del curso (Aula Virtual) en donde cada estudiante tenía el plazo de una semana para poder responder cada diario, cabe mencionar que no existían ninguna restricción hacia las respuestas de los estudiantes.

A la segunda semana de comenzado el módulo STE(A)M se les subió una pregunta al diario semanal sobre cuál de las diferentes conocimientos y habilidades vista en el curso les parecieron interesantes y por qué. Alguna de las respuestas demuestran que los estudiantes han podido valorar y encontrar en el diagramar una herramienta muy útil para expresar sus ideas e incluso resolver problemas de manera más crítica, Por ejemplo un estudiante escribió: *“Encuentro útil el uso de “croquear” respecto a distintas ideas, o utilizarlo para estudiar, como también utilizo el “tomar apuntes” pero respecto a mi materia, lo que me ayuda a simplificar mi materia y aprovechar mejor mi tiempo de forma eficiente.”* Otros escribieron *“Es útil el aprender a dibujar y así poder expresarse mejor de manera gráfica, así uno logra organizar mejor su mente.”* o *“Lo nuevo que encontré y me pareció muy practico y eficiente fue estudiar a partir de unos simples dibujos.”* Los mas interesantes según yo es el croquear y el apunte tipo cornell, por que me permiten plasmar ideas en el papel.”

Adicionalmente al final del curso se les subió la pregunta ¿Qué aspecto del proyecto le hubiera gustado trabajar más. Por qué?, diversos estudiantes mencionaron que el diseño y el dibujo es una de las habilidades que les hubiera gustado trabajar más, alguno de las respuestas entregadas fueron:

*“Me hubiese encantado desarrollar mas la parte de el diseño del robot, no que nos entregaran prácticamente armado el robot, si no que nosotros diseñar el robot y también hacer las partes, con esto me refiero al chasis y las partes que fueron entregadas de maderas.”* *“Siempre me ha llamado la atención lo que es diseño y ahora pude aplicar eso con dibujos y armando el robot que, creo, que fue de lo mas divertido del trabajo.”* *“en el aspecto q mas me hubiese gustado dedicarle tiempo es en el de diseño ya que con eso pude resolver varios problemas no solo de intro”.*



Otra pregunta realizada en el diario final fue que discutieran a cerca de todas las cosas que han tenido un impacto positivo en la comprensión de la ciencia, las matemáticas, diseño, ingeniería y habilidades de aprendizaje, los estudiantes mostraron una clara tendencia por las habilidades de diseño, algunas respuestas recopiladas son: *“el diseño del robot fue lo que mas me gusto y en lo que mas aporte, así que eso fue lo que mas rescato, tambien el excel que es una herramienta que seguire ocupando a lo largo de mi carrera.”* *“Lo que más me ha impactado positivamente durante el proyecto ha sido las habilidades de aprendizaje que observamos, como bosquejar la idea que uno tiene para crear un diseño”* *“El impacto positivo q tuve en este proyecto para mi fue en lo que consta en matemáticas ya q pude aplicar trigonometría de forma mas real y en diseño ya q esto me ah ayudado de gran manera en la resolución de problemas”*. Estas respuestas son sumamente alentadora, se logra apreciar claramente que se cumplió en gran medida los objetivos planteados al comienzo de este programa piloto.

## **CONCLUSIONES**

La teoría del aprendizaje experiencial se basa en el constructivismo el cual afirma que el cerebro no puede “beber” conocimientos de una botella del profesor. Cada alumno de acuerdo al programa propuesto inicialmente para el piloto pudo desarrollar las distintas habilidades transversales importantes en la formación de un Ingeniero teniendo un gran equilibrio con las habilidades de Diseño propias del departamento de arquitectura de la USM. En base al análisis de las preguntas reflexiva de los diarios semanales se puede determinar la satisfacción generada al incorporar estas iniciativas STE(A)M. El estudiante ha podido reconocer las habilidades de diagramar, diseño y arte como herramientas sumamente útiles al momento de resolver distintos problemas que se puedan enfrentar en el futuro. Durante todo el curso los estudiantes estuvieron que trabajar en equipo lo que provoco un gran cambio en sus habilidades colaborativas, pudieron comprender que la ingeniería es un trabajo en equipo, los nuevos desafíos del siglo 21 requieren a profesionales creativos e innovares que puedan atacar problemas complejos que requieran grandes equipos de trabajo en donde no solo se requiere de conocimiento de matemáticas o físicas como dos áreas separadas sino que necesita el aplicar estas herramientas en post de la mejora de un bien mayor. La conclusión más gratificante de nuestros logros planteados inicialmente nos lo entregan nuestros estudiantes en sus diarios: *“Pues el proyecto en general lo he tomado muy positivamente, en todos los aspectos mencionados. Es mi primer trabajo en la universidad, por lo que a fuerzas, este proyecto me tenia que dar nuevos conocimientos y nuevas formas de comprender la ciencia. Por una parte en matemáticas, reforcé los conocimientos de trigonometría, este era un tema el cuál estábamos viendo en clases y este proyecto llevo la trigonometría a un caso real, como es el caso del robot, por ejemplo que angulo necesito elevar el brazo para llegar a cierta medida. En diseño, a través del croquis realizamos el diseño de la pinza, hicimos varios bocetos de la pinza, los dibujos nos ayudaron a comparar entre uno y otro, así sacar las mejores cosas de cada diseño para conseguir una pinza final. También aprendí a trabajar en grupo, ponernos de acuerdo para realizar una actividad parece sencillo, pero si bien es complicado logramos comunicarnos bien y tuvimos buena sincronización a lo largo de las actividades lo que nos favoreció para el éxito de ésta”*.

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradecen fondos provenientes del PMI MECESUP USM-1408 y el programa Ingeniería 2030, que contribuyeron a la realización de este proyecto.

## REFERENCIAS

Abstracta de conceptualización se transforma mediante el proceso de experimentación activa en experiencia concreta vivencial” (Kolb D y Kolb A. 2005, p. 11).

Beichner, R., Bernold, L., Burniston, E., Dail, P., Felder, R., Gastineau, J., Gjertsen, M. and Risley, J. (1999). Case study of the physics component of an integrated curriculum, Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl. 67(7).

Delekat, F. (1968). *Johann Heinrich Pestalozzi, der Mensch, der Philosoph und der Erzieher*, 3. Aufl. Bern, CH.

Kolb, D. y Fry, R. (1975). Toward an Applied Theory of Experiential, Learning. *Theories of Group Processes*, London: John Wiley.

National Trainings Laboratory (NTL) Institute for Applied Behavioral Science, *Pirámide del Aprendizaje*

<http://homepages.gold.ac.uk/polovina/learnpyramid/about.htm> (Julio 27, 2016)

Piaget, J. (1950). *The Psychology of Intelligence*. New York: Routledge.

Zavala, G., Alarcón, H., Domínguez, A. & Rodríguez, R. (2010) Sala ACE: Tecnología al servicio de la educación, CONOCIMIENTO, Noviembre 2010, 36-40.

Bernold, L. E., González, L. F. & Maino, S. (2015) Reductive sketching to synergize authentic problem solving in engineering. In: BOWE, B., ed. Proceedings of the 6th REES 2015 Symposium, 13-15 July 2015 Dublin, Ireland.

Hurtado, M., Reyes, C., Saavedra, O., Zúñiga, M. & Madrid, R. (2012) Informe técnico “Fortalecimiento del desarrollo de Competencias Transversales en la formación del profesional UTFSM”, Plan de Fortalecimiento FSM 1199.

Zaidenberg, A. (1945). *Drawing the human figure*. New York, USA, Crown Publishers.

Lawson, B. (2004). *What designers know*, London, UK, Architectural Press.

Gänshirt, C. 2007. *Werkzeuge für Ideen: Einführung ins Architektonische Entwerfen*, Berlin, Deutschland, Birkhäuser Verlag AG.